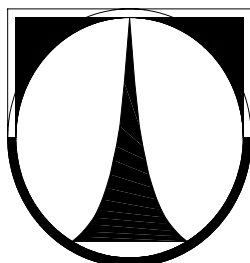


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program M2301 - Strojní inženýrství



Studijní obor: 2302T010 Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Sklářské a keramické stroje

Zařízení pro mazání sklářských forem řadového sklářského stroje

(Glass mould lubricating mechanism for the individual section machine)

KSR – 19560

Jan CIHLÁŘ

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. František Novotný, CSc.

Konzultanti diplomové práce: Ing. Václav Drahoňovský

Ing. Marcel Horák, Ph.D.

Rozsah diplomové práce:

Počet stran:	59
Počet tabulek:	4
Počet obrázků:	47
Počet výkresů:	11
Počet příloh:	2

Datum odevzdání: 28. 5. 2010

Téma: Zařízení pro mazání sklářských forem řadového sklářského stroje

ANOTACE:

Diplomová práce řeší problematiku mazání předních forem a systém dopravy mazací emulze mezi jednotlivými sekcemi řadového sklářského stroje. Předkládá návrh koncepčního řešení s návrhy na konstrukční provedení dílčích zařízení. Cílem práce je zvýšení automatizace sklářského stroje, kde je eliminována obsluha a proces mazání je plně automatizován.

KLÍČOVÁ SLOVA:

sklářský řadový stroj, přední forma, mazací hlavice, mazací zařízení.

Theme: Glass mould lubricating mechanism for the individual section machine

Annotation:

This diploma thesis occupies with the blank mould lubrication and with the transport of the lubricating emulsion among the individual section of the machine. It suggests the conception with the constructive solutions of partial devices. The aim of the task is to increase the automation of the individual section machine, where an operator is eliminated and the process of lubrication is fully automated.

KEYWORDS:

individual section machine, blank mould, lubricating head, lubricating mechanism.

Prohlášení:

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultanty.

Datum

Postup

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu **doc. Ing. Františku Novotnému, CSc.**, za cenné rady, náměty, odborné vedení a důkladné směřování této práce.

Dále bych rád poděkoval panu **Ing. Marcelu Horákovi, Ph.D.** za poskytnuté informace a vstřícný přístup.

V neposlední řadě chci poděkovat panu **Ing. Václavu Drahoňovskému** z firmy Sklostroj Turnov CZ, s.r.o., za poskytnutí cenných rad a užitečných informací.

Poděkování si také zaslouží moje rodiče, kteří mě v době celého studia podporovali.

Obsah:

ÚVOD	.....	10
1. Rozbor současného stavu	.....	11
1.1 Stroje řadové	.....	11
1.2 Mazání sklářských forem	.....	16
1.2.2.A Rozbor účinků mazadel	.....	18
1.2.2.B Druhy mazadel	.....	19
1.2.2.C Nanášení mazadel	.....	20
1.3 Rozbor patentů	.....	21
1.4 Stanovení technických podmínek	.....	25
1.5 Určení pracovního prostoru	.....	25
2. Alternativní studie možného uspořádání mazacího zařízení	.....	27
2.1 Koncepční varianty mazacího zařízení	.....	27
2.2 Varianty zvolené koncepce	.....	29
2.2.1 Výběr umístění mazacího zařízení	.....	29
2.2.1.A Zařízení umístěné na plošinách stroje	.....	30
2.2.1.B Zařízení umístěné nad plošinami stroje	.....	30
2.2.1.C Zařízení umístěné na bočnicích stroje	.....	31
2.2.2 Alternativy kinematického řetězce mazacího zařízení	.....	32
2.2.2.A Zařízení na platformě angulárního robotu	.....	32
2.2.2.B Zařízení, které je tvořeno kartézským robotem	.....	33
2.3 Výběr varianty pro konstrukční řešení	.....	34
2.3.1 Návrh umístění mazacího zařízení	.....	34
2.3.2 Volba funkčního zařízení	.....	36
3. Konstrukční řešení mazacího zařízení	.....	38
3.1 Výběr konkrétního typu kartézského robotu	.....	38
3.2 Návrh pohonů	.....	39
3.3 Přehled výkresové dokumentace	.....	45
3.4 Kompletní proces mazací hlavice	.....	45
3.5 Časová dispozice aplikace mazání	.....	47
3.6 Návrh mazací hlavice	.....	49
3.7 Řešení mazacího obvodu a stanovení mazací emulze	....	50

3.8	Konstrukce ochranných krytů	52
3.9	Návrh uchycení ke stroji	54
3.10	Přívod elektrické energie	55
3.11	Systém řízení	55
4.	Zhodnocení přínosu a využitelnost mazacího zařízení	56
4.1	Technicko-ekonomické zhodnocení	56
4.2	Využitelnost navrženého řešení	57
ZÁVĚR	.....	58

Seznam použitého označení

<i>Označení</i>	<i>Jednotky</i>	<i>Název veličiny</i>
PF	[-]	přední forma
z_x	[mm]	velikost zdvihu horizontální jednotky
z_y	[mm]	délka pojezdové části
z_z	[mm]	velikost zdvihu vertikální jednotky
p	[MPa]	tlak stlačeného vzduchu
V_1	[cm ³]	množství oleje potřebné na jednu formu
n_s	[-]	počet sekcí stroje
n_h	[-]	počet mazání za jednu hodinu
t_s	[-]	počet hodin za směnu
m_{cx}	[kg]	hmotnost jednotky v ose X
m_{cy}	[kg]	hmotnost jednotky v ose Y
m_{cz}	[kg]	hmotnost jednotky v ose Z
m	[mm]	modul
z	[-]	počet zubů
v_{max}	[m·s ⁻¹]	obvodová rychlost pastorku
d	[mm]	průměr pastorku
ω_p	[s ⁻¹]	úhlová rychlost pastorku
n_M	[ot·min ⁻¹]	otáčky motoru
M_{Mn}	[N·m]	jmenovitý moment motoru
M_{Mmax}	[N·m]	maximální moment motoru
m_M	[kg]	hmotnost motoru
i	[-]	převodový poměr
η	[-]	účinnost
M_{Pn}	[N·m]	jmenovitý moment převodovky
M_{Mmax}	[N·m]	maximální moment převodovky
$J_{př}$	[kg·m ²]	moment setrvačnosti převodovky
m_p	[kg]	hmotnost převodovky
J_L	[kg·m ²]	moment setrvačnosti zátěže
J_A	[kg·m ²]	moment setrvačnosti pohonu
M_1	[N·m]	rozběhový moment
M_2	[N·m]	moment zátěže

M_L	[N·m]	moment zátěže
M_3	[N·m]	brzdny moment
t_1	[s]	doba rozběhu
t_2	[s]	doba konstantní rychlosti
t_3	[s]	doba brzdění
V_s	[l/směna]	množství emulze potřebné na jednu směnu
C_{ME}	[Kč/l]	cena mazací emulze
U_{ME}	[Kč/l]	uspořená mazací emulze
V_{rok}	[l/rok]	potřebné množství emulze na rok
$U_{ME/rok}$	[l/rok]	uspořená emulze na rok
$C_{ME/rok}$	[Kč/rok]	cena úspory mazací emulze
C_N	[Kč]	celkové náklady na realizaci

Úvod

Při výrobě obalového skla je v současné době, až na výjimky, tvarovací povrch forem řadového tvarovacího stroje upravován (mazán) ručně. Tento úkon představuje pro obsluhu stroje zvýšené riziko úrazu, navíc vystavuje obsluhu bezprostřední expozici par uvolňovaných při procesu mazání a rovněž spotřeba mazacích prostředků je neúměrně vysoká. Je proto nutné vyřešit automatické mazání forem pomocí nově vyprojektovaného zařízení, které musí být schopno spolupracovat s řídicím systémem strojní linky při zajišťování synchronizace procesu.

Firma SKLOSTROJ Turnov CZ, s.r.o. je dodavatelem linek na výrobu obalového skla. Je výrobcem řadových tvarovacích strojů a dalších zařízení linky. Řešení problematiky automatického mazání je považováno za důležité v kontextu inovačního řešení procesu tvarování a komunikace schopností dodávaných řadových strojů. Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení pro automatické mazání, které splňuje současné požadavky tvarovacího cyklu automatické výroby obalového skla. Předložená práce se skládá ze čtyř hlavních částí.

V kapitole 1 předkládá rozbor současného stavu, charakterizuje princip řadového stroje a uvádí známé způsoby stávajícího mazání sklářských forem.

Kapitola 2 podává koncepční návrh zařízení pro automatické mazání forem. Formou alternativní studie jsou popsány varianty použitelných mechanismů a proveden výběr varianty nejvhodnější pro konstrukční zpracování.

V kapitole 3 je popsáno konstrukční provedení vybrané varianty, je zde charakterizován postup návrhu a předloženy konstrukční výpočty.

Kapitola 4 uvádí stručné zhodnocení technickoekonomických vlastností navrženého zařízení.

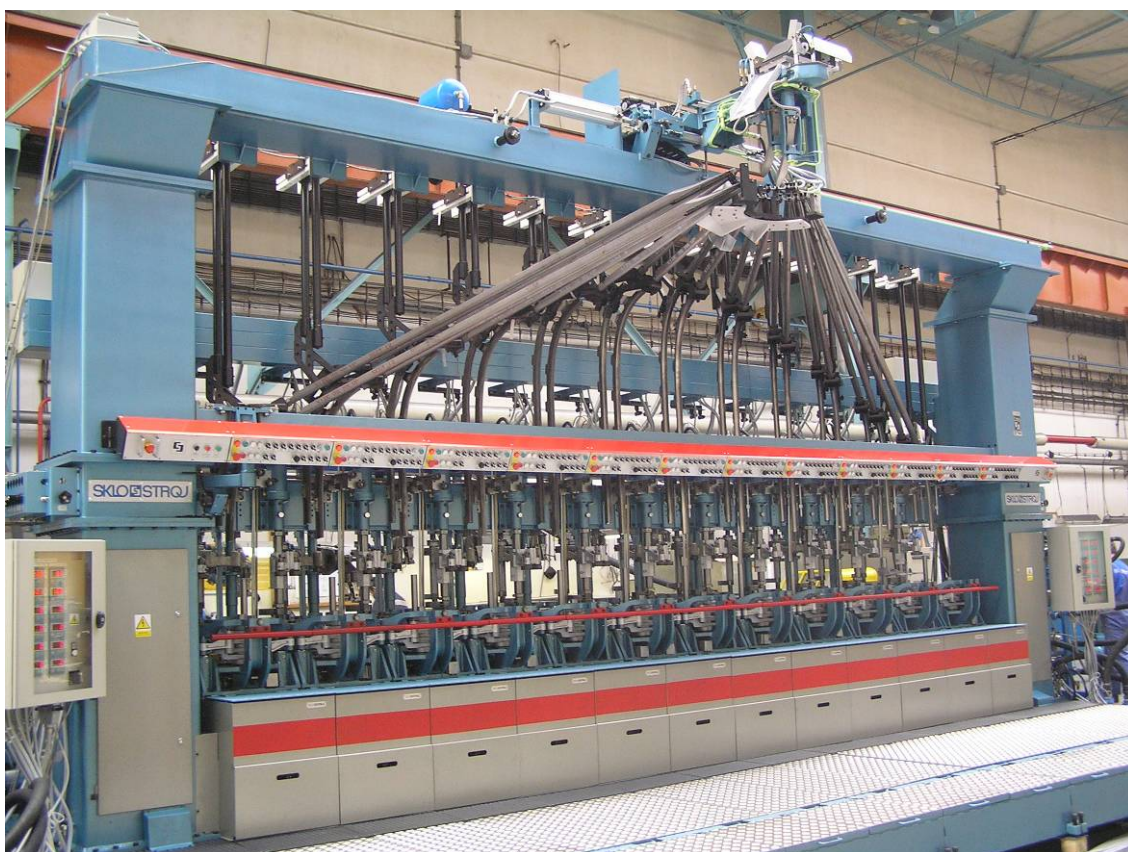
1. Rozbor současného stavu

Nyní je tvarovací povrch sklářských forem řadového tvarovacího stroje mazán ručně. Tento způsob je z hlediska dávkování nerovnoměrný a dochází k vysoké spotřebě mazací emulze.

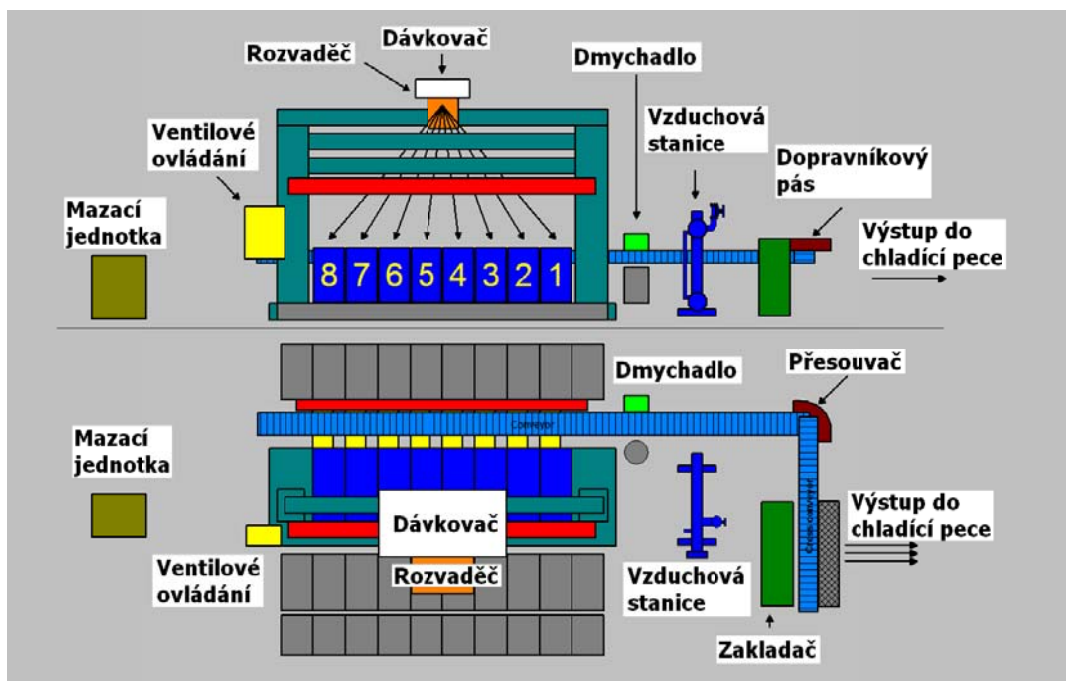
1.1 Stroje řadové

Řadový stroj se skládá z řad samostatných sekcí. A proto jsou tyto stroje označovány jako stroje IS (Individual Section – samostatné sekce) tedy stroje s individuálními sekcemi. Jednotlivé sekce jsou uspořádány v řadě vedle sebe. Běžně jsou realizovány stroje se čtyřmi až dvanácti sekcemi. Pracují s jednokapkovou (mono), dvoukapkovou (duplex) a tříkapkovou (triplex) technologií. Na řadových strojích se vyrábějí skleněné obaly úzkohrdlé nebo širokoúhlé.

Úzkohrdlé se vyrábějí způsobem dvakrát foukacím nebo úzkohrdlým lisofoukem. Širokohrdlé se vyrábějí způsobem lisofoukacím. [1]



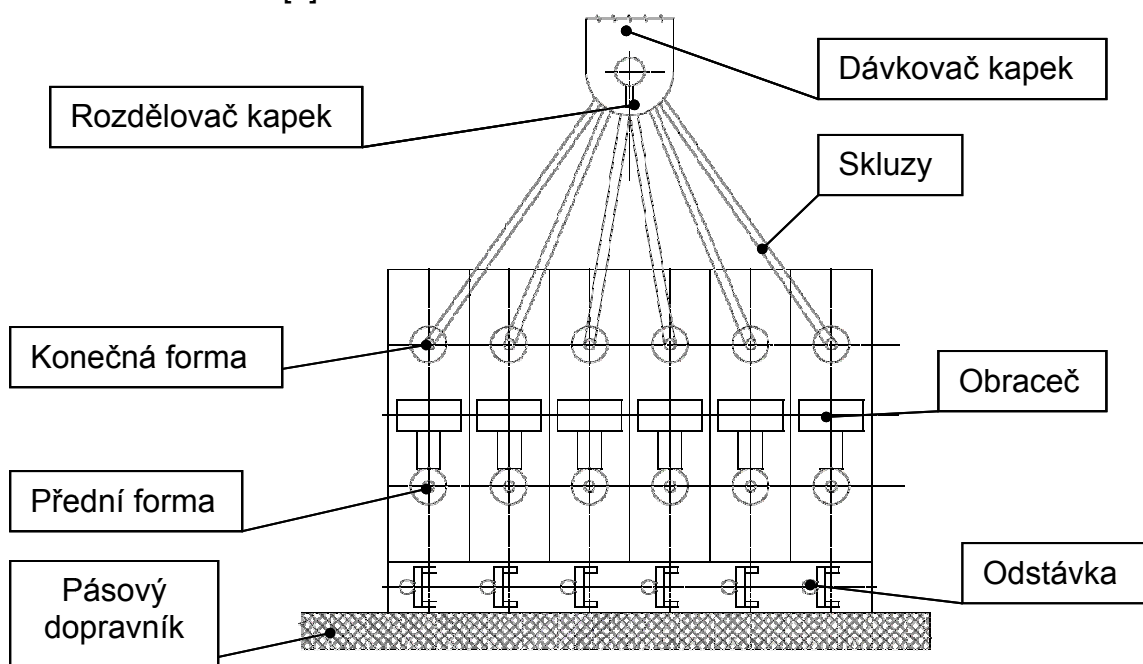
Obr. 1 Řadový stroj firmy SKLOSTROJ Turnov CZ, s.r.o. [2]



Obr. 2 Řadový stroj pro tvarování [2]

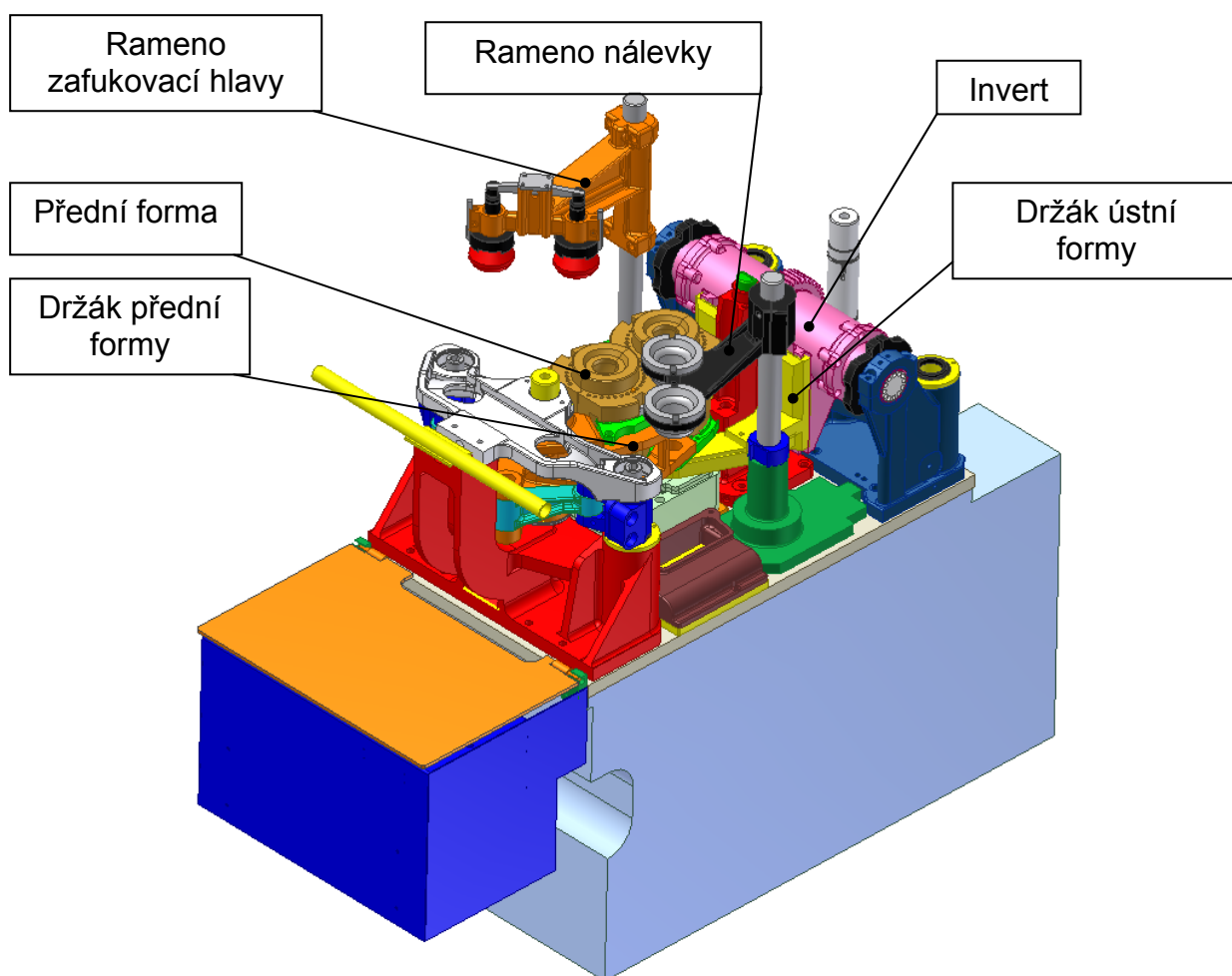
Princip řadového stroje a konstrukční uspořádání jeho mechanismů

Kapky skloviny jsou přiváděny do jednotlivých sekcí od dávkovače skloviny přes rozdělovač kapek žlábkovými skluzy. Dále padají do předních forem jejich dnem a v nich vyrobené baňky jsou k dohotovení foukáním na konečný tvar přemístěny do konečné formy a otočeny přitom o 180° obraceči, tzv. invert. Lahve vyrobené vyfouknutím v konečné formě jsou přemístěny k dalšímu ochlazení na odstávky a z nich jsou přesunuty na dopravníkový pás směřující k chladicí peci (obr. 3), který je uveden v literatuře [2].

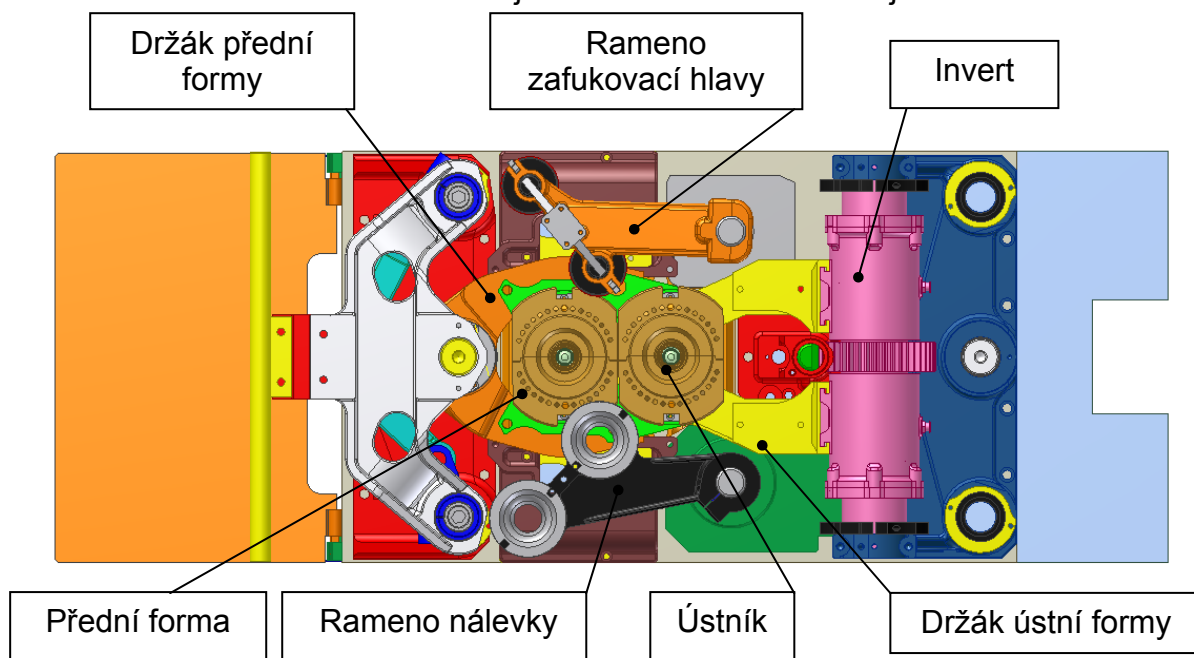


Obr. 3 Schéma šesti sekčního řadového stroje

Přehled mechanismů jedné sekce



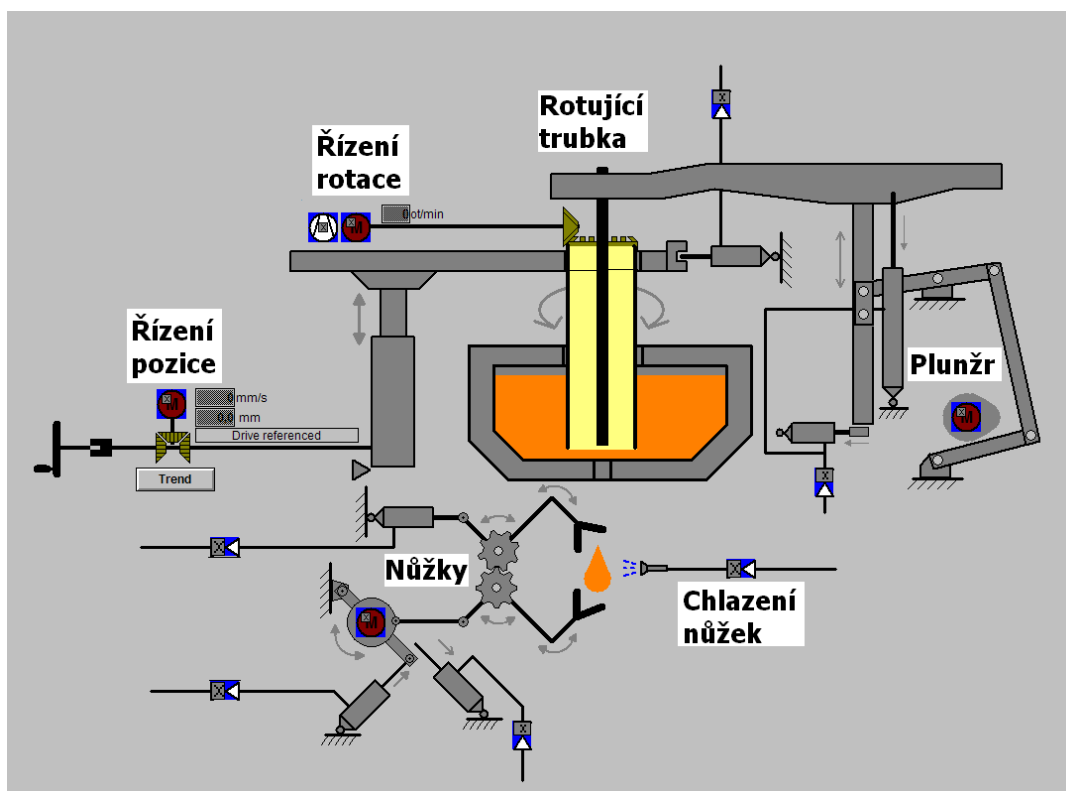
Obr. 4 Model jedné sekce řadového stroje



Obr. 5 Půdorys konstrukční uspořádání mechanismů jedné sekce řadového stroje

Popis jednotlivých částí stroje

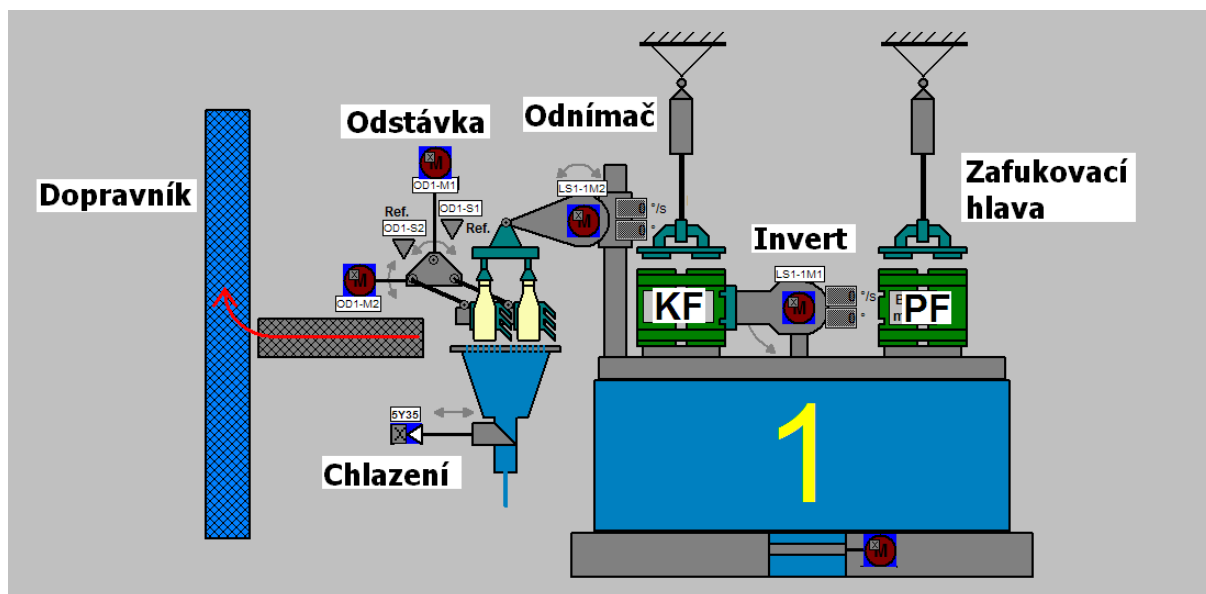
Mechanismus dávkovače vytváří kapky skloviny, ze kterých ve stanicích vznikají konečné výrobky. Sklovina je pro zlepšení homogenity promíchávána rotující trubkou. Vlastní kapka je vytvářena pohybem plunžru a následně je odstřížena nůžkami. [3]



Obr. 6 Dávkač a mechanismus nůžek [2]

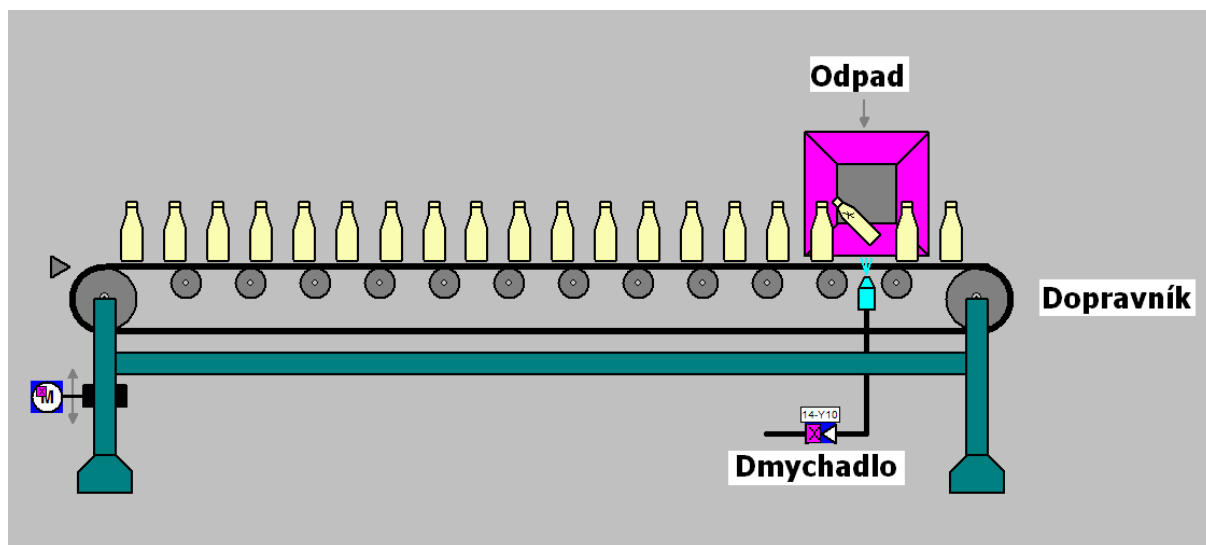
Na obr. 7 je znázorněn bokorys jedné sekce, kde proces tvarování probíhá zprava doleva. Celá konstrukce se skládá z dávkovače, rozvaděče kapek, skluzů, přední formy (dále jen PF), obraceče (tzv. invertu) s ústní formou, konečné formy, jak už je uvedeno na obr. 3.

Pro přehlednost je vše znázorněno na 3D modelech sekce stroje (obr. 4 a 5). Dále se skládá z odnímače lahví, který přemísťuje výrobky na odstávku. Odstávkový mechanismus ochladí a následně přesouvá hotové výrobky na dopravníkový pás.



Obr. 7 Bokorys jedné sekce stroje [2]

Pásový dopravník transportuje výrobky do chladicí pece (obr. 8), kde dochází k dochlazení, z důvodu zpevnění baňky, a následné povrchové úpravě. Součástí dopravníku je systém, který detekuje zmetkové kusy a následně je vyřadí. Dmychadlo je součástí detekčního systému.



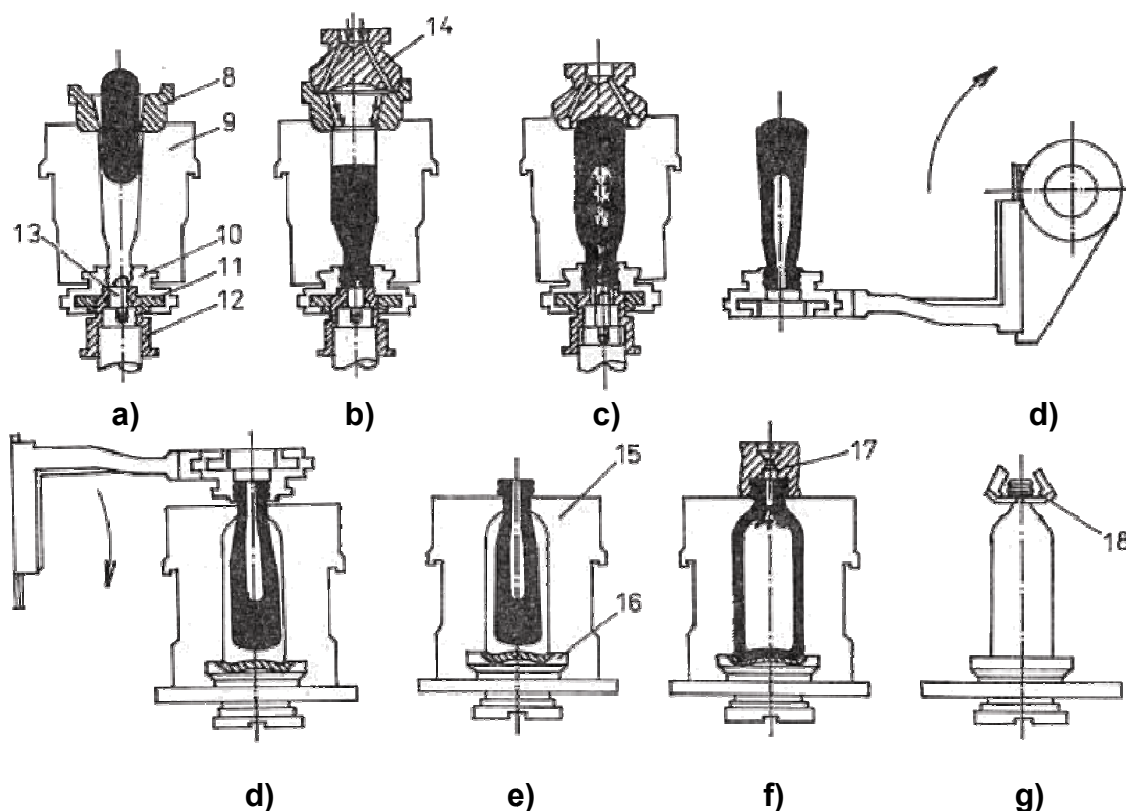
Obr. 8 Pásový dopravník [2]

Firma SKLOSTROJ Turnov CZ, s.r.o. je výrobcem široké škály řadových strojů a používaných způsobů výroby.

Základní dělení udává počet sekcí řadového stroje. Standardně se vyrábějí stroje s počtem sekcí 6, 8, 10 a 12.

Tvarovací cyklus

Tvarovací cyklus klasického dvakrát foukacího způsobu výroby je zřejmý ze schématu na obr. 9. Na obr. 9 a dochází k umístění dávky skloviny do PF. Následuje uzavření formy a dochází k zafukování na obr 9 b. Po té je vytvořena dutina v baňce, která je znázorněna na obr. 9 c. Mechanismus obraceče, tzv. invert, přeneseme baňku do konečné formy (celá operace je vyobrazená na obr. 9 d). Po prohřátí již umístěné baňky, obr. 9 e, je vyfouknut konečný tvar lahve, obr. 9 f. Poslední operací tvarovacího cyklu je odejmutí vytvořené lahve na odstávku, obr. 9 g.



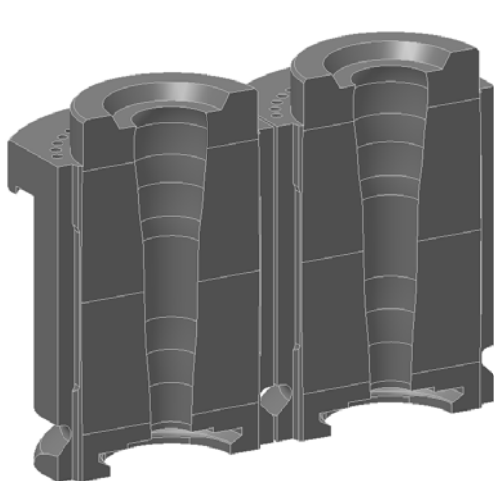
Obr. 9 Schéma tvarovacího cyklu výroby úzkohrdlých a širohrdlých lahví [1]:
8- nálevka; 9- přední forma; 10- ústní forma; 11- vodící deska; 12- vodítko ústníku; 13- ústník; 14- zafukovací hlava; 15- konečná forma; 16- dno konečné formy; 17- foukací (závěrná) hlava; 18- čelisti kleští odnímače.

Základní popis (obr. 9) je orientován na řadové stroje využívající způsobu dvakrát foukacího, nicméně další postup řešení je plně použitelný modernějším způsobem lisofoukacím.

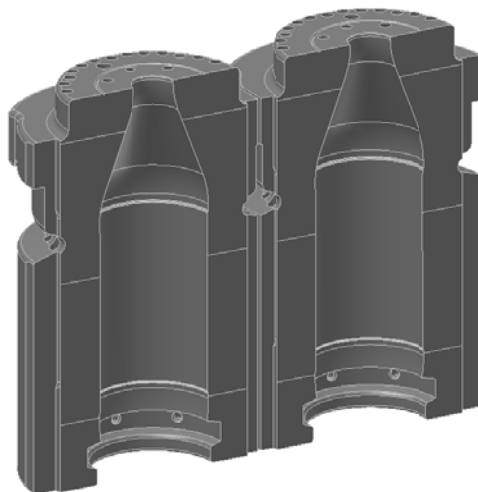
1.2 Mazání sklářských forem

Při mazání sklářských forem vzniká mezi formou a sklovinou tenká vrstvička mazací emulze, jejíž vlastnosti se mění v závislosti na tloušťce a na druhu mazadla. Vliv má i druh skloviny a materiál formy, protože výpary ze skloviny a okuje na formách se účastní tvorby hraniční mezivrstvy.

Některá mazadla, jako je koloidní grafit ve vodě či anorganické pigmenty, vytvářejí převážně pevnou mazací mezivrstvu, jiná působí tvorbou plynového mazacího filmu. Tento film vzniká neustálým vypařováním či rozkladem mazadel, jestliže je forma vždy před stykem se sklem namazána. Mazaný film může být také absorbován na povrchu formy, nebo se může z něho uvolňovat. Množství absorbovaného plynu závisí na teplotě, velikosti styčného povrchu a druhu plynu [4].



Obr. 10 PF typu duplex [2]



Obr. 11 Konečná forma typu duplex [2]

Z hlediska sklářské technologie je povrchová úprava tvarovacích dutin forem nejdůležitějším pracovním úkonem. Mnohdy se mu nevěnuje náležitá péče buď z neznalosti významu povrchové úpravy, nebo též z domněnky, že čištění a příprava znamenají zbytečný finanční náklad a ztrátu času [5].

Princip ručního mazání

Při ručním mazání se uvede daná sekce do mazacího cyklu, kde se při nadávkování z feedru odvede kapka mimo skluzy. Tímto daná sekce pracuje obdobně jako při tvarování, jen bez dávky skloviny, ze které se následně vytvaruje daný výrobek o přesných rozměrech. Cyklus je tedy v provozu mazacím, kde nedochází k samotnému tvarování a tím je bezpečně přístupná přední forma. Obsluha má nyní promazat danou formu mazací emulzí. Má k tomu k dispozici speciální štětec a nádobu s mazací tekutinou.

Princip mechanizovaného mazání

U některých výrobních linek je realizováno automatické mazání předních forem pomocí angulárního robotu. Robot je umístěn na podvozku, který se pohybuje po lineárním vedení. Na standardním robotu je připojen nástavec s tryskami. Tyto trysky zajedou do formy a stříkají formu mazací emulzí. Robot je v době nečinnosti odstaven na jedné straně stroje z důvodu tepelného namáhání.

Další způsob mazání je založen na mechanismu, který je tvořen lineárními pohony a pojezdem. Celé zařízení je uloženo v plechovém krytu. Jedna kolejnice

pojezdové části je umístěna na stojanu přední formy a druhá pod ním. Plechový kryt chrání zařízení před tepelnou expozicí.

Oba způsoby jsou ve stádiu vývoje, proto je dostupnost informací o používaných zařízeních velmi omezená.

Zařízení pro automatické mazání forem není dosud v žádném případě standardním vybavením řadových tvarovacích strojů a jeho používání je v provozu skláren spíše výjimečným jevem. Jedním ze způsobů automatického mazání, na kterém se firma SKLOSTROJ Turnov CZ, s.r.o. podílela s americkým výrobcem, bylo mazání acetylenem. Tento způsob byl po výzkumných testech ukončen. Problém činily mazací saze z acetylenového plamene, které se dostávaly i do míst, kde nejsou žádoucí. Byly zanášeny hořáky, které jsou nezbytnou součástí technologického procesu.

Rozbor účinků mazadel (kapitola 1.2.2.A) a druhy mazadel (kapitola 1.2.2.B) vychází z monografie Ing. Antonína Smrčka [4]. Dále z aktuálních patentových spisů, které jsou rozepsány níže, nebo na webových stránkách výrobců řadových strojů.

Přehled vybraných výrobců řadových strojů:

- Sklostroj Turnov CZ, s.r.o. <http://www.sklostroj.cz/>
- Embarg glass SA <http://emhartglass.com/>
- O-I Manufacturing <http://www.o-i.com/>

1.2.2.A Rozbor účinků mazadel

Důvody mazání sklářských forem:

Tepelný účinek se projevuje ochlazením povrchu formy výparným teplem chladného mazadla a tvorbou izolační mezivrstvy. Ochlazovací efekt je největší u vodních mazadel a stoupá s přídávkem smáčedel či grafitu – může činit až 30°C. U olejových mazadel je ochlazení velmi malé.

Snížení tření mezi sklem a formou je důležité především tam, kde se sklovina rychle pohybuje, tj. u skluzů a předních forem feedrových strojů, méně již u lisů. Malé tření mezi sklem a formou vede především k rovnoměrnosti tloušťky skla a rovněž zabraňuje vzniku povrchových vad výrobků.

Zamezení lepení skloviny na formu. Přimazáním formy se spolehlivě, i když pouze krátkodobě, zabraňuje lepení. Je to jediná praktická možnost, jak zvýšit teplotu lepení. Záleží především na tloušťce a na dokonalosti plynového filmu na povrchu formy.

Zlepšení kvality povrchu výrobků. Tuhá mazadla vyrovnávají povrch formy a utěsňují póry. Mazadla zabraňují přímému styku skla s kovovou formou a tím zvyšují povrchovou teplotu skla. Důsledkem je zvýšení hladkosti povrchu skla.

Ochrana povrchu formy, kde vrstva tuhého mazadla může částečně ochránit povrch formy před oxidací a poškozením sklovinou.

Snadné nanášení mazadla po povrchu formy, musí vytvářet dobře lpící vrstvu, nesmí znečišťovat výrobek a chemicky poškozovat povrch formy. Aby se zlepšilo rozprostření mazadel, přidávají se k nim látky snižující povrchové napětí.

Hygiena a bezpečnost, kde dýmy a výpary z mazadel jsou podstatnou částí atmosféry kolem tvarovacích strojů. Částečným spalováním uhlovodíků vzniká benzo(a)pyren, což je známá karcinogenní látka. Mazadla s obsahem síry vytvářejí škodlivý kyslíčnický siřičitý.

1.2.2.B Druhy mazadel

V této kapitole jsou uvedeny druhy mazadel určené pro sklářské formy.

Mazací oleje, tuky a emulze se zpravidla používají rafinované kvalitní vysokovroucí oleje, označované jako strojní oleje, parafinované oleje, minerální oleje, vřetenový olej, popřípadě transformátorový olej. Aby na povrchu formy mohl vzniknout plynový polštář, nesmí mazadlo předčasně vytékat, a proto se požaduje vyšší teplota vzplanutí (asi 150 až 200 °C) a odpovídající vysokoteplotní destilační křivka. U řadových strojů spotřeba oleje dosahuje až 1ml na výrobek, u lisofoukacích a rotačních strojů se pohybuje mezi 0,1 až 0,5 ml na výrobek. Mazání předních forem emulzním mazadlem se celkem osvědčilo, ale emulze odváděla z povrchu formy příliš mnoho tepla, které vedlo k nežádoucím účinkům.

Silikonová mazadla se vyznačují značnou tepelnou stabilitou. Nejčastěji se používaly vodní emulze s obsahem 0,5 až 2,0 % dimethylsilanu a emulgačních činidel, někdy i s přísadou grafitu. Spotřeba činila asi 0,2 až 5 ml emulze na jeden výrobek.

Mazadla na bázi grafitu. Grafit je typickou součástí moderních sklářských mazadel. Zpravidla se uplatňuje jako „suché“ mazadlo, vytváří však i určitý plynový film, a to adsorpcí plynů na povrchu a pomalou oxidací. Z tohoto hlediska je nejvhodnější grafit se střední rychlostí oxidace, začínající kolem 500 °C.

K mazání forem lze úspěšně použít jen tzv. koloidní grafit, jehož částice jsou jemnější než 2 µm. Částice koloidního grafitu vnikají do drobných nerovností i pórů formy a pevně se spojují s jejím materiálem; tím vznikne koloidní vrstvička. Lístičky koloidního grafitu mají sklon seřadit se rovnoběžně s povrchem formy a pevně lpí na formě, takže je lze vyleštit. Takový povlak má nejnižší koeficient tření. Mazadlo se nanáší na dobře vyčištěnou formu, která je předehřátá na teplotu 100 až 300 °C. Nanáší se nejlépe lakýrenskou stříkací pistolí; nanášení ponořováním nebo štětcem dává méně pravidelný povlak. Nejčastěji se používají suspenze v oleji nebo v tucích, které prohlubují mazací účinek samotného oleje. Koloidní grafit je rozptýlen v kvalitním mazacím oleji a před použitím se tímto olejem ředí na výslednou koncentraci asi 0,5 až 2,0 %. Do mazací směsi se přidávají i látky snižující povrchové napětí, a tím zlepšují penetraci mazadla.

Koloidní grafit je součástí takřka všech přimazávacích hmot používaných k občasnému přimazávání forem. Tyto hmoty se skládají zpravidla z nosné, vazelinové části, koloidního grafitu a dalších přísad. Nosným médiem je vazelína, parafín, vosky nebo těžké kovy. V provozu se ředí mazacím olejem, aby se dosáhlo

vhodné konzistence. Přidávky koloidního grafitu činí 5 až 30 %, někdy se přidávají i sirné preparáty a látky snižující povrchové tření. Nosič se volí tak, aby se mazadlo dobře rozprostíralo po formě, tvořilo rovnoměrný, přilnavý film a aby jeho zbytky přispívaly k tvorbě plynové mezivrstvy.

Při použití **sirných mazadel** vzniká oxidační grafit SO_2 , který má z běžných plynů nejmenší tepelnou vodivost a nejlépe se adsorbuje na povrch formy. Proto sirná mazadla poskytují velmi dobrý plynový film, který spolehlivě eliminuje místní ochlazení skloviny, tj. potlačuje tvorbu trhlinek ve skle. Síra také snižuje povrchovou viskozitu skloviny a její povrchové napětí, takže sklovina proudí rychleji. Její nevýhodou je nízká stálost a s tím spojená vysoká spotřeba síry.

1.2.2.C Nanášení mazadel

Zásadně se všechny mazací emulze nanáší na formy v co nejmenším množství. Mazadla lze nanášet několika způsoby. A to automatickým postřikem, ručním mazáváním a trvalými povlaky. Vyžadována je tvorba dokonalého mazacího filmu.

Automatický postřik se například provádí impulzovaným stlačeným vzduchem. Běžná zařízení nezaručují rovnoměrný nános na formu, proto lze použít jen pro olejová mazadla. Pro mazání silikonovými emulzemi bylo nutno aplikovat speciální trysky, které zaručují mnohem rovnoměrnější postřik formy [3].

Ruční mazání se aplikuje pomocí speciálních štětek. Kde obsluha stroje pomocí této štětky a nádobky s mazací emulzí, promaže všechny PF.

Sortiment vyráběných typů forem

Firma SKLOSTROJ Turnov CZ, s.r.o. je výrobcem široké škály forem. Typově se dělí do tří základních skupin:

- MONO - forma na výrobu jednoho výrobku
- DUPLEX - forma na výrobu dvou výrobků
- TRIPLEX - forma na výrobu tří výrobků

Nejrozšířenější jsou přední formy typu DUPLEX, proto je způsob mazání orientován právě na tento typ forem.

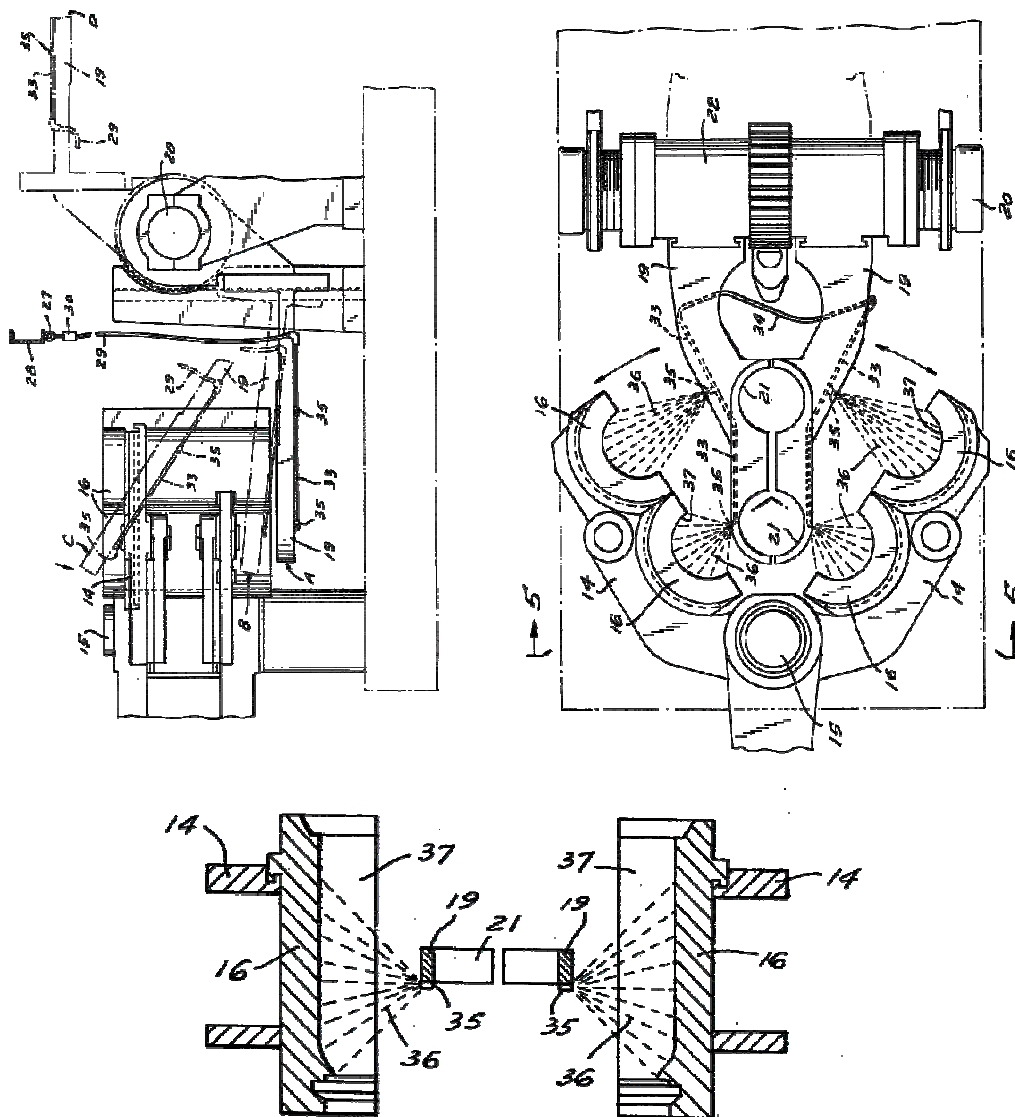
Podle velikosti výrobku jsou vyráběny ve třech roztečích:

- 108 mm (4,25"),
- 127 mm (5"),
- 140 mm (5,5").

1.3 Rozbor patentů

Problematika automatického mazání je experimentálně studována už několik let. Zde je uveden chronologický přehled vývoje různých druhů konstrukce zařízení, které má za úkol mazat přední formu sklářského řadového stroje.

1.3.1 Rok 1970 – Mazaná forma sklářského výrobního stroje

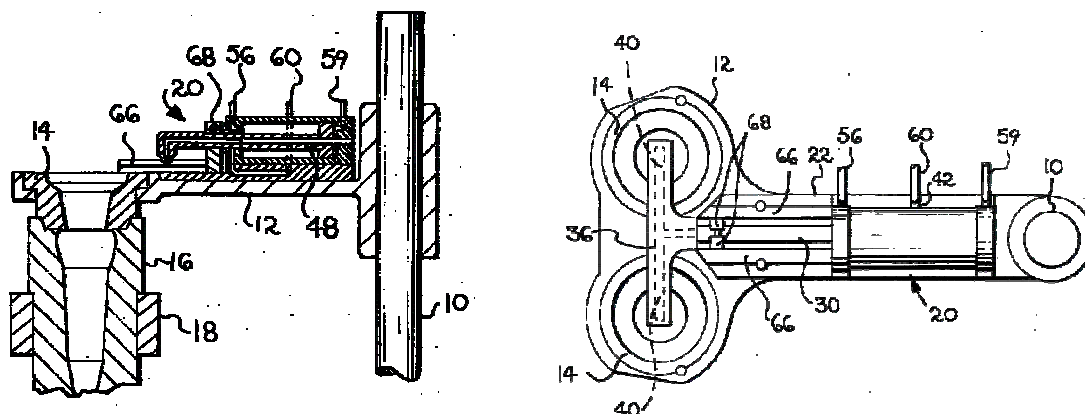


Obr. 12 Schéma patentu č. 3,523,016 [6]

Princip:

Mazací zařízení je součástí ramen obraceče. V mazacím režimu, když je forma otevřena, trysky rovnoměrným pohybem vzhůru rozstříkují mazací suspenzi na vnitřní plochy formy.

1.3.2 Rok 1973 - Mazací zařízení připevněno na rameno nálevky

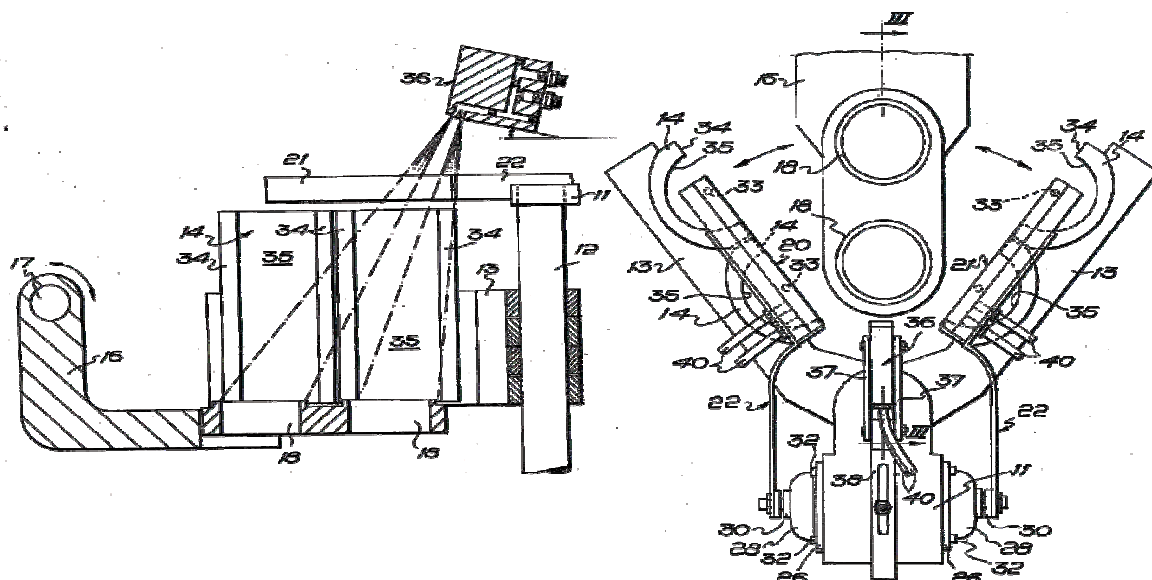


Obr. 13 Schéma patentu č. 3,721,542 [6]

Princip:

Zařízení je umístěno na ramenu nálevky tvarového řadového stroje. V režimu mazání se rameno nálevky přemístí nad přední formu, zařízení se vysune a přes nálevku do PF je aplikována mazací emulze. Po promazání se zařízení zasune do počáteční polohy.

1.3.3 Rok 1983 – Způsob a zařízení pro mazání sklářských forem

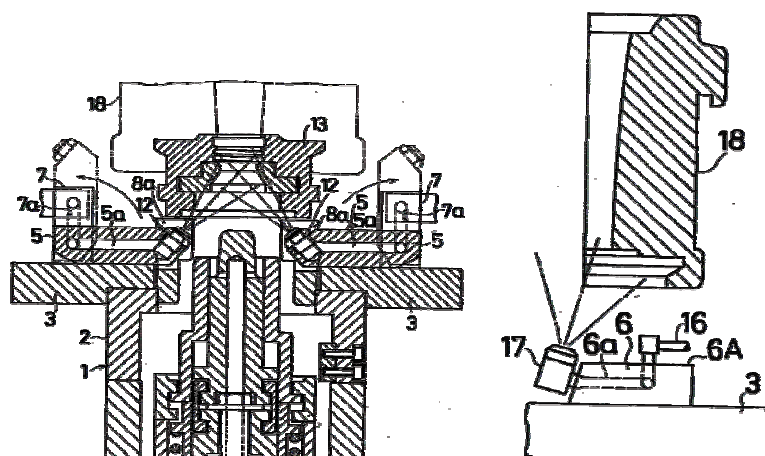


Obr. 14 Schéma patentu č. 4,409,010 [6]

Princip:

Zařízení na aplikaci mazání je ve formě mazací hlavy, která je umístěna nad předními formami. Při chodu v režimu mazání, hlava aplikuje emulzi rozstřikem do otevřené PF.

1.3.4 Rok 1986 – Mazací zařízení formy sklářského výrobního stroje

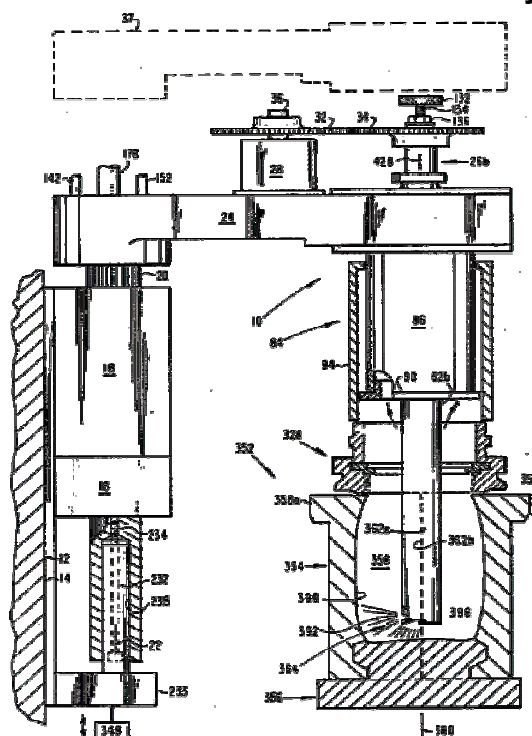


Obr. 15 Schéma patentu č. 4,579,574 [6]

Princip:

Držák s tryskami je umístěn v dolní části PF, resp. pod ústní formou. V mazacím režimu, když je přední forma v otevřené poloze, trysky rozstříknou mazací emulzi na činné plochy formy.

1.3.5 Rok 1988 – Zařízení na mazání sklářské formy

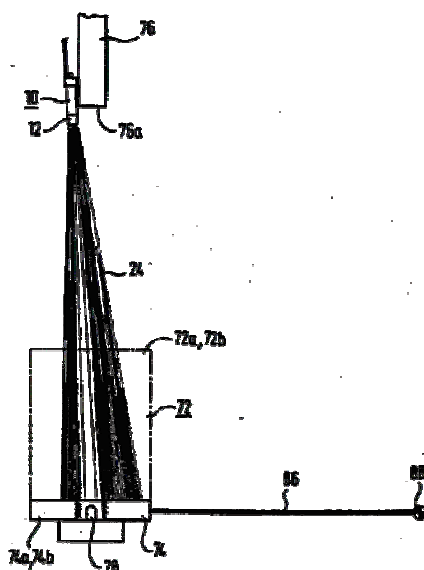


Obr. 16 Schéma patentu č. 4,765,821 [6]

Princip:

Zařízení je tvořeno tryskou a zasunovacím mechanismem. V režimu mazání, když je forma uzavřena, se zařízení vsune do PF a aplikuje mazací emulzi radiálně při čemž se mazací hlavice otáčí a zároveň vysouvá směrem z formy.

1.3.6 Rok 1992 – Mazací zařízení pro výrobu obalového skla

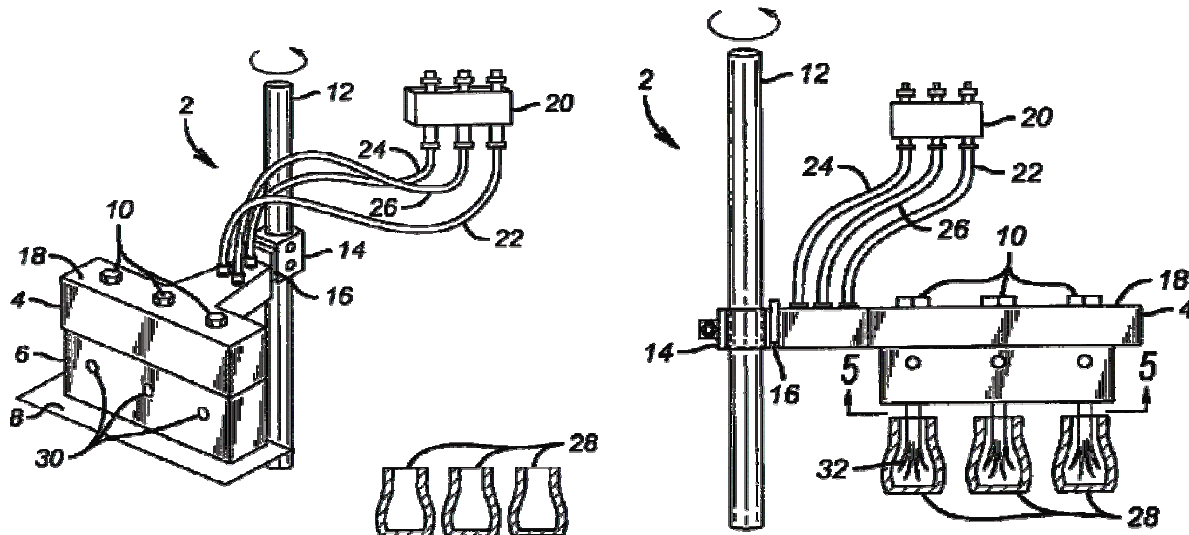


Obr. 17 Schéma patentu č. 5,139,560 [6]

Princip:

Zařízení na aplikaci mazání je ve tvaru mazací hlavy, která je umístěna nad předními formami. Při chodu v režimu mazání, hlava vstříkne emulzi rozstříkem do uzavřené PF.

1.3.7 Rok 2005 – Způsob a zařízení na výrobu acetylenového mazání



Obr. 18 Schéma patentu č. 6,902,708 [6]

Princip:

Zařízení je tvořeno hlavou, ve které jsou trysky s přívodem acetylenu, a iniciačním plamenem. V mazacím režimu, když jsou formy uzavřeny, je acetylen vstříknut do formy a s pomocí plamene se rozdělí na uhlík a vodík. Uhlík vytvoří potřebnou vrstvičku na povrchu formy.

1.4 Stanovení technických podmínek

Z příkladů časování řadového stroje je zjištěno, že PF je zavřená přibližně $\frac{1}{2}$ cyklu. Při vyšších rychlostech je cyklus stanice 12 s (12 taktů/min), maximálně až 16 cyklů/min. Z toho vyplývá, že forma bude uzavřena a tím připravena na mazací proces pouze 1,875 s. Zařízení musí zvládnout vyjetí z nejbližší startovací mimo kolizní polohy, aplikaci mazání a návrat za jeden cyklus stanice.

U 12-ti sekčního stroje musí zařízení za 10 min provést 12 mazacích period. Má tedy na jednu periodu, včetně přejetí přes celý stroj, 50 s.

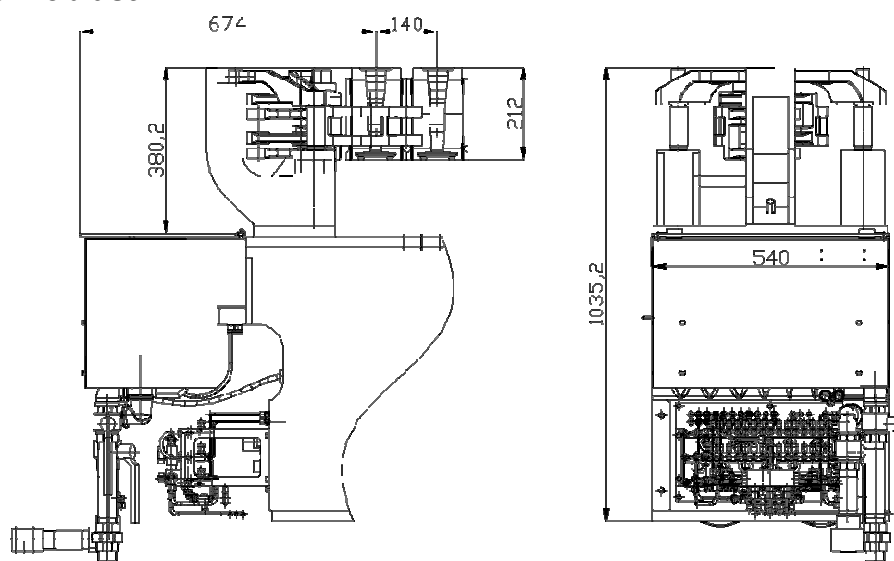
Průměrná teplota vnitřního povrchu forem je 500 °C. V parkovací poloze se teplota pohybuje v závislosti na ročním období a počasí. V prostoru stojanu PF teplota nepřekračuje hranici 70 °C.

Jednotlivé druhy podmínek, s kterými bylo nutné počítat:

- pracovní prostor,
- přesné polohování,
- rychlost polohování,
- náklady na realizaci,
- tepelná odolnost,
- nároky na zastavěnou plochu,
- nároky na chlazení,
- koncepce odměřování,
- koncepce řízení,
- koncepce pohonů,
- koncepce kinematického řetězce,
- bezpečnostní parametry.

1.5 Určení pracovního prostoru

- sekce v oblasti PF



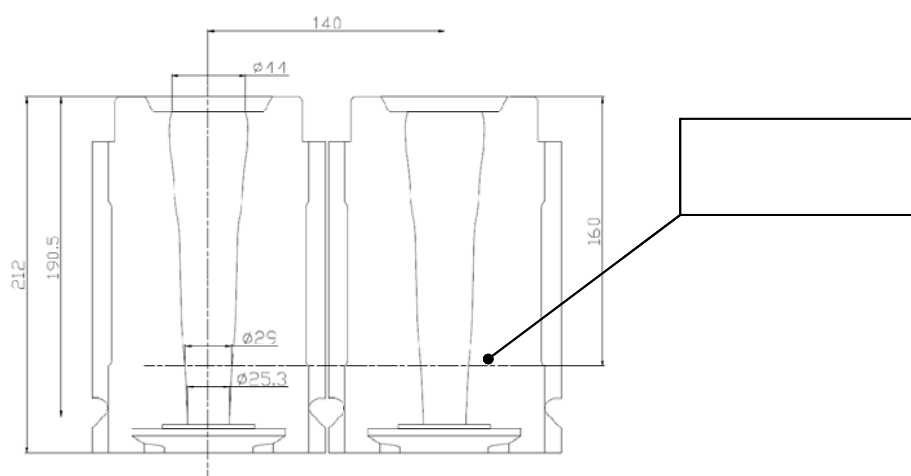
Obr. 19 Bokorys a půdorys sekce v prostoru PF [2]

Rozměry sekce:

Rozteč PF: 140 mm,
Výška PF: 212 mm,
Šířka jedné sekce: 540 mm,
Výška jedné sekce: 1035,2 mm,
PF – ventilová skříň: 674 mm.

- **dutina PF**

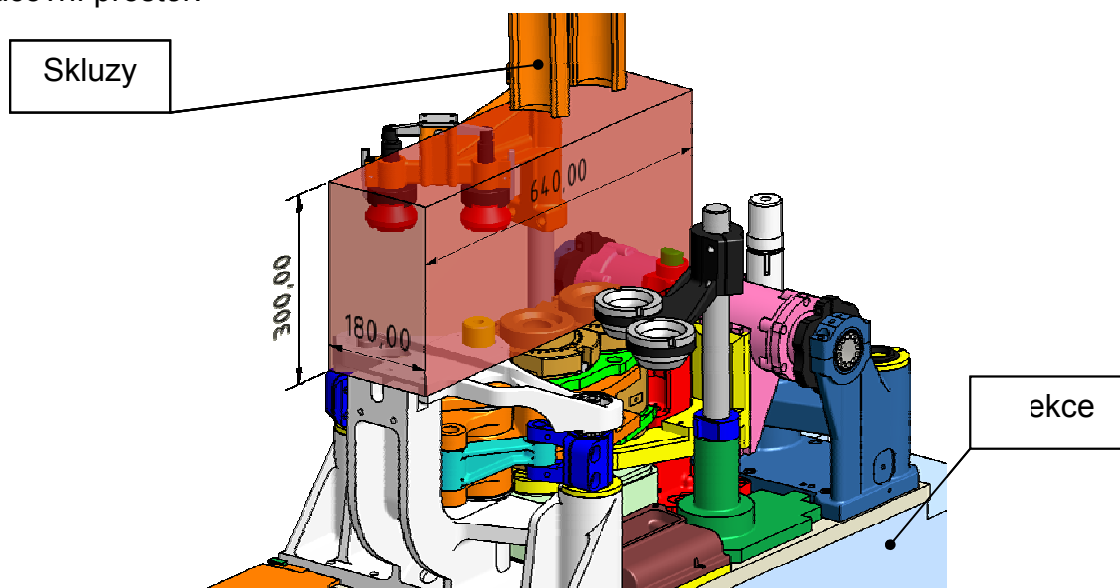
Pracovní prostor vyznačen na obr. 20 určuje mezní rozměry, které jsou nezbytné při volbě trysek. Aby došlo k dokonalému promazání celé formy, musí tryska dosáhnout mezní polohy, která činí 160 mm od horní části PF.



Obr. 20 Pracovní prostor v PF typu duplex [2]

- **prostor nad PF**

Schéma na obr. 21 znázorňuje prostor, který je výchozí pro pohyb mazací hlavičky. Mechanismy v prostoru PF jsou v krajních polohách, aby co nejvíce zvětšily pracovní prostor.



Obr. 21 Pracovní prostor nad PF

2. Alternativní studie možného uspořádání mazacího zařízení

Interval mazání jedné formy je stanoven na 10 minut. To znamená, že každý interval se mazací zařízení přiblíží do blízkosti přední formy, kde řídicí systém řadového stroje přepne danou sekci do mazacího cyklu. Tím je zaručen bezpečný pohyb mazacího zařízení pro zajištění trysek do formy a následné vystříknutí mazací emulze. Po dokončení mazání všech forem se zařízení přesune do odstavné pozice. Zařízení obsluhuje celý stroj samostatně v automatickém režimu.

2.1 Koncepční varianty mazacího zařízení

A. Základní koncepce

- zařízení umístěné na mechanismu zařízení PF:

Zařízení může být umístěné na mechanismu v prostoru PF. Tento způsob sebou přináší spoustu konstrukčních podmínek. Nejdůležitějším je určit prostor pro umístění. Každá sekce se skládá z mnoha mechanismů, které jsou vhodně umístěny tak, aby plnily svoji funkci. Proto zvolení vhodného místa je nejsložitější záležitostí při konstrukčním řešení.

- zařízení je tvořeno nástavbou stávajícího zařízení (mechanismu):

Další způsob umístění mazacího zařízení je takové, že může být nástavbou stávajícího mechanismu, kde se pomocí již stávajícího zařízení aplikuje proces mazání. Z patentového rozboru (kapitola 1.3) je zřejmé, na které mechanismy lze zařízení umístit.

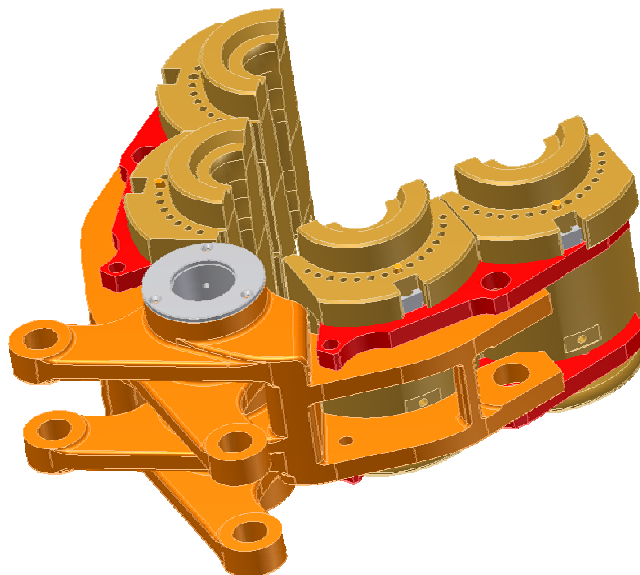
- mazací zařízení tvoří přídavný mechanismus stroje:

Jednodušším způsobem je mazací zařízení, které je tvořeno přídavným mechanismem. Jeden mechanismus je schopen promazat všechny sekce stroje a tím se snižují pořizovací náklady. Lze jej snadněji umístit do pracovního procesu i snadno obsluhovat v případě montáže za chodu stroje. Tím je usnadněn obsluha stroje bezpečný přístup k zařízení a k jeho seřizování.

B. Varianty ve vztahu k poloze PF v okamžiku mazání

- mazání otevřené PF

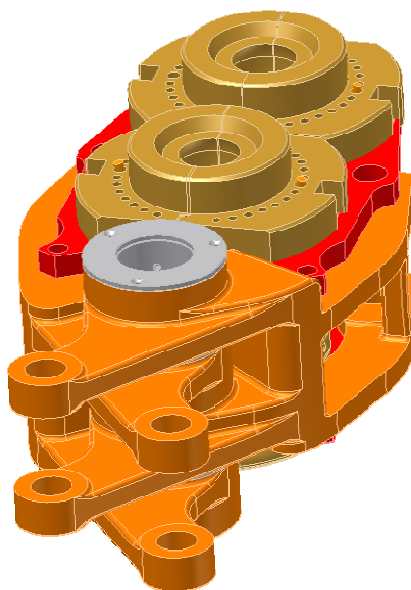
Přední forma je v otevřeném stavu. Vzhledem k pracovnímu prostoru je volba typu trysek snadná. Mazání probíhá se ztrátou mazací emulze a jsou mazány i plochy, které nejsou potřeba a kde je mazací vrstva spíše na obtíž.



Obr. 22 Model držáku čelistí s PF v otevřené poloze

- mazání uzavřené PF

Přední forma je ve stavu uzavřeném. Hlavice s tryskami musí být přesně napozicována nad PF tak, aby dvojice trysek mohla zajet do formy bez kolizních problémů. Aplikace probíhá bez ztrát mazací emulze.



Obr. 23 Model držáku čelistí s PF v uzavřené poloze

Zhodnocení koncepčních variant

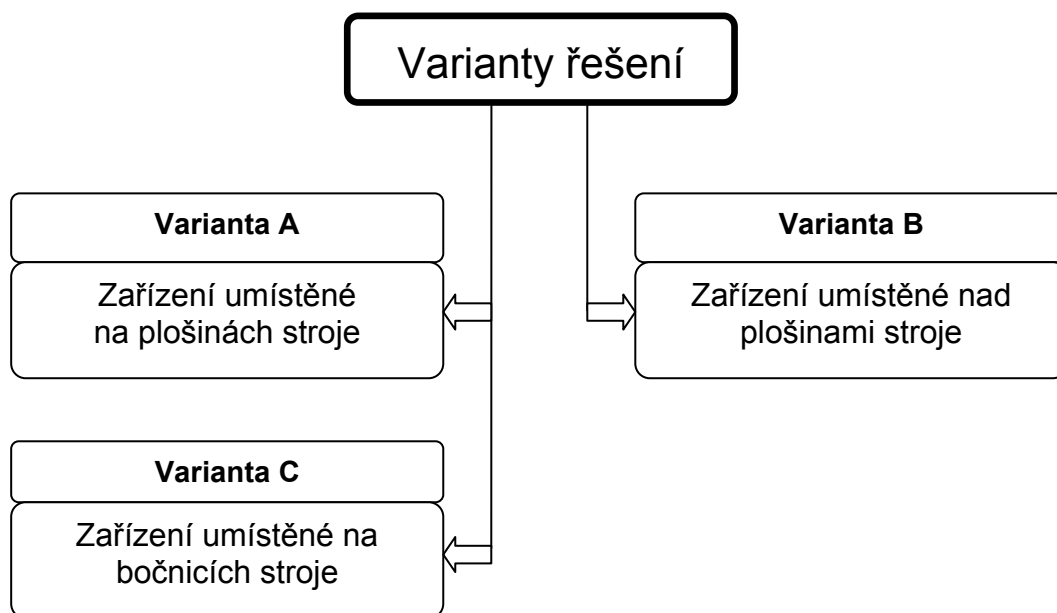
Po zvážení všech pozitivních i negativních vlastností volím mazací zařízení tvořeno přídavným mechanismem stroje. Zařízení, které je schopno samostatně obsloužit celý stroj, je z ekonomického hlediska vhodnější variantou. Dále volba typu mazání uzavřené PF je z hlediska efektivity prioritní variantou. Hlavní výhodou je nízká spotřeba mazací emulze.

2.2 Varianty zvolené koncepce

Tato kapitola předkládá varianty zvoleného koncepčního řešení zařízení pro mazání sklářského řadového stroje, nejprve jsou uvedeny varianty umístění mazacího zařízení, poté je věnována pozornost volbě kinematického řetězce manipulačního zařízení.

2.2.1. Výběr umístění mazacího zařízení

Jedním z důležitých aspektů je umístění zařízení. Pro bezpečný a dostatečně rychlý pohyb je velice důležitý výběr prostoru, kde se bude zařízení pohybovat.



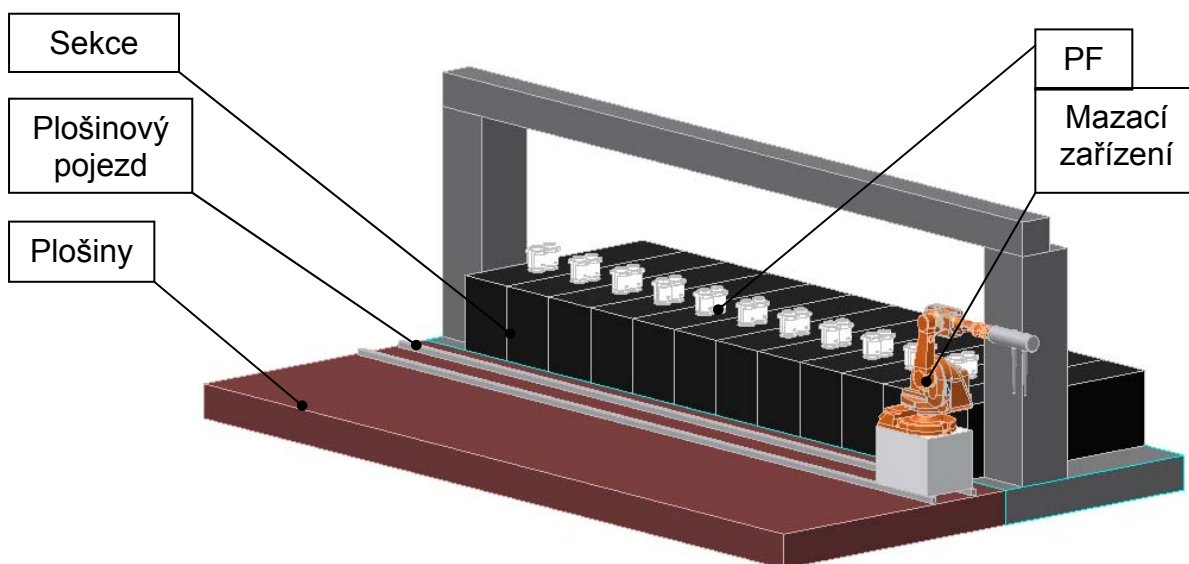
Obr. 24 Přehled uvažovaných variant z hlediska pracovního prostoru

2.2.1.A Zařízení umístěné na plošinách stroje

Zařízení umístěné na plošinách stroje je tvořeno samotným mazacím zařízením, které je umístěno na plošinovém pojezdu. Po promazání všech stanic přichází zařízení do režimu odstavení, kde se zařízení přesune do oblasti mimo stroj. Zde je odstaveno a dochází k jeho pozvolnému chlazení. Důležitým aspektem je bezpečná přístupnost obsluhy k prostoru PF, ale také k seřízení mechanismů, které mají seřizovací celky umístěny v prostorech plošiny stroje.

Výhody: přívod mazací emulze,
 mazací agregát může být součástí mazacího zařízení.

Nevýhody: problém v úložném prostoru plošin stroje, kde se seřizují jednotlivé mechanismy stroje.



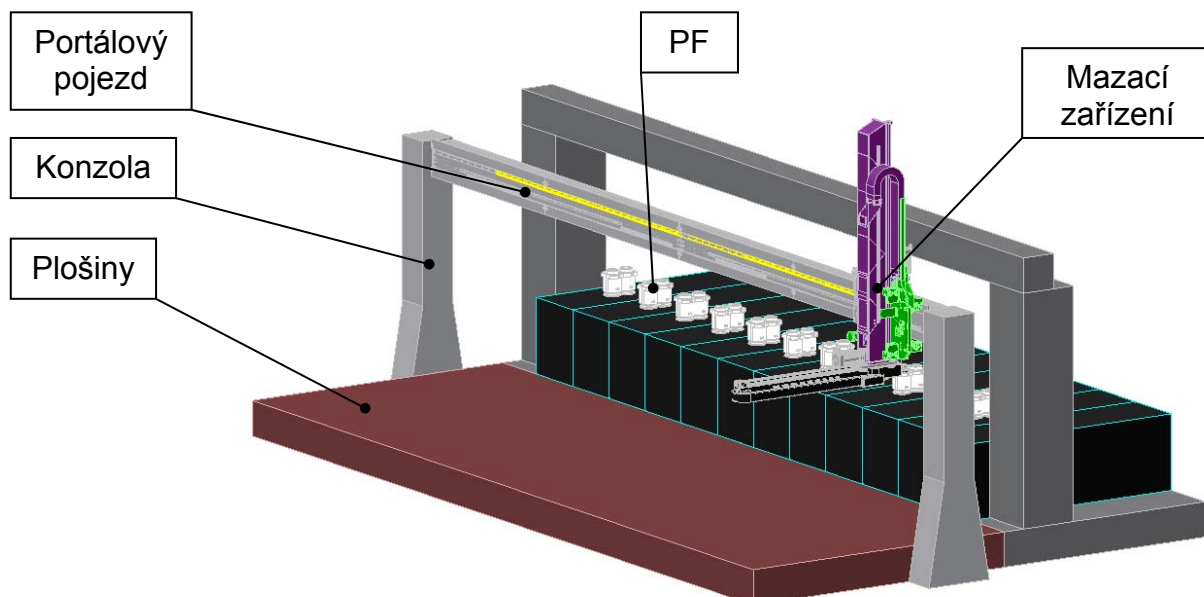
Obr. 25 Mazací zařízení umístěno na plošinách stroje

2.2.1.B Zařízení umístěné nad plošinami stroje

Mazací zařízení umístěné na konzolách, složené z portálového pojezdu a dvojice podpěr. Při volbě umístění je nutné počítat s malým výškovým prostorem, který je vymezen stropem, a velkým podélným prostorem, který stanovuje šířka plošin stroje. Podpěry nesmí zasahovat do funkčních částí stroje, proto je nutné volit pouze dvě podpěry. Zařízení není součástí stroje.

Výhody: prostor pro obsluhu.

Nevýhody: přívod mazací emulze,
 nároky na zastavěnou plochu,
 vyšší nároky na tuhost rámu portálového pojezdu.



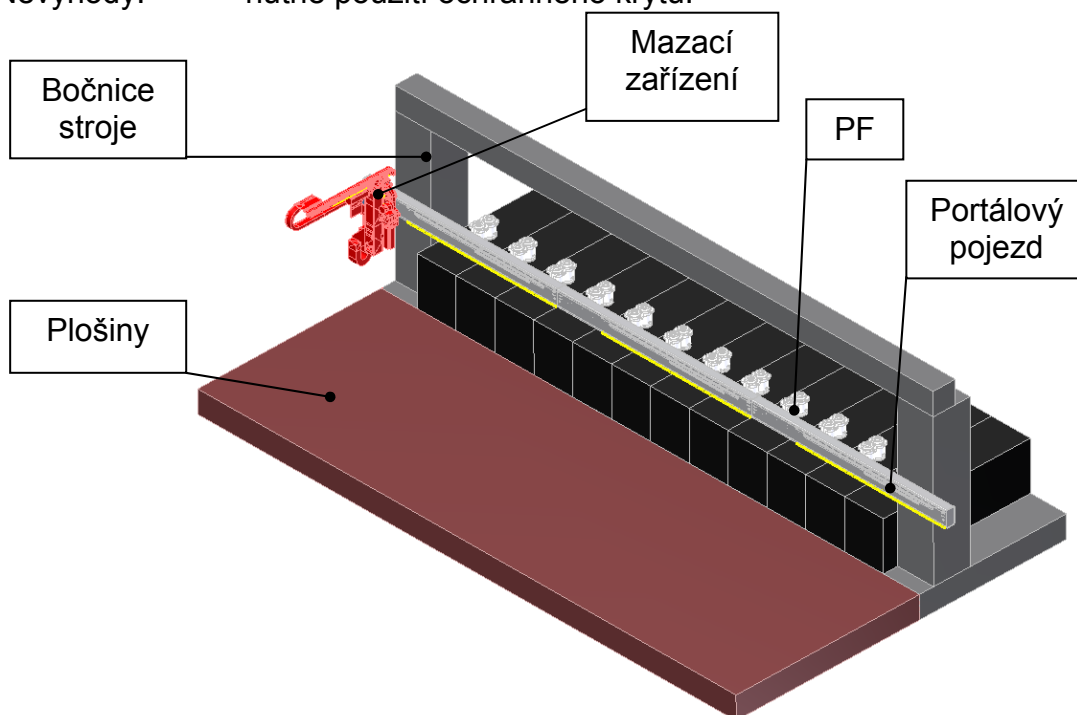
Obr. 26 Zařízení umístěné nad plošinami stroje

2.2.1.C Zařízení umístěné na bočnicích stroje

Toto zařízení se skládá z portálového pojezdu a přírub, které umožní celému zařízení být součástí stroje. Vzhledem k jeho malé vzdálenosti do PF je nutné použití ochranného krytu, který zařízení chrání před možným zásahem kapky skloviny.

Výhody: prostor pro obsluhu stroje,
lepší tuhost a přesné pozicování.

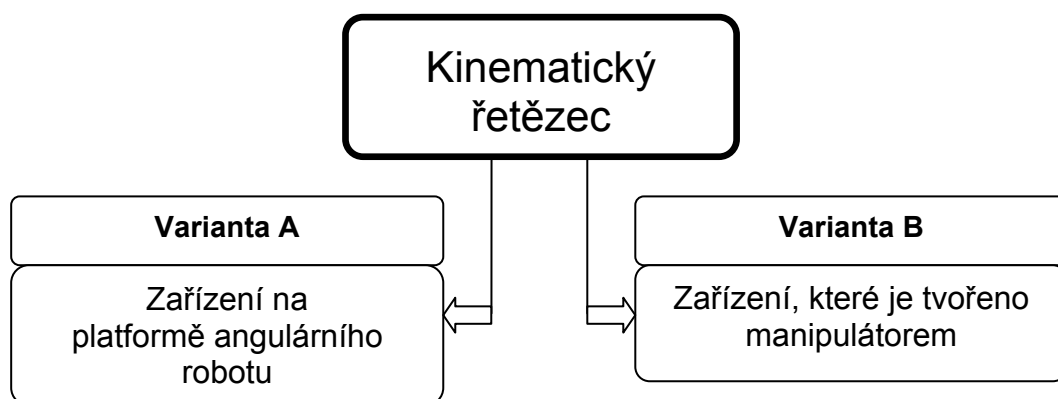
Nevýhody: nutné použití ochranného krytu.



Obr. 27 Zařízení umístěné na bočnice stroje

2.2.2. Alternativy kinematického řetězce mazacího zařízení

Další nezbytnou částí v návrhu studie, je zvolit funkční zařízení, které bude operaci mazání vykonávat.



Obr. 28 Přehled uvažovaných variant z hlediska funkčního zařízení

2.2.2.A Zařízení na platformě angulárního robotu

Robot je možno zakoupit od specializovaných výrobců. Jedná se osvědčený sofistikovaný systém. Servis robota by zajišťovala firma, od které by byl robot zakoupen.

Výhody: využití i v malém pracovním prostoru,
flexibilita zařízení.

Nevýhody: vysoká pořizovací cena,
malá teplotní odolnost - nutné použití ochranného pláště,
nadbytečné stupně volnosti.



Obr. 29 Model mazacího zařízení tvořeného angulárním robotem od firmy ABB [7]

2.2.2.B Zařízení, které je tvořeno kartézským robotem

Mechanismus, složený ze dvou lineárních pohonů a pojezdové části, je třeba zkonstruovat ze stavebnicových dílů, které nabízí výrobce. Kde horizontální jednotka přesune mazací hlavici na prostor PF. Vertikální jednotka zajišťuje zasunutí trysek do PF. Pojezdová část přemísťuje pohony k promazání všech stanic stroje.

Výhody: vyšší teplotní odolnost a pořizovací cena až o polovinu menší oproti variantě 2.2.2.A.

Nevýhody: velikost lineárních jednotek.



Obr. 30 Kartézský robot od firmy GÜDEL [8]

2.3 Výběr varianty pro konstrukční řešení

Výběr varianty mazacího zařízení je proveden objektivizační metodou rozhodovací analýzy.

Optimu každého kritéria je přiřazeno 100 bodů ve stobodové stupnici. Pokud je jednotlivé alternativy nedosáhnou, je buď exaktně kvantifikována míra jejich splnění danou alternativou, nebo technickým odhadem ohodnoceny. Míra splnění kritéria je vyjádřena v %, tj. opět ve stobodové stupnici.

Vynásobením prostých hodnot váhou příslušného kritéria dostaneme hodnotu vážené užitelnosti. Jejich součet, přes všechna kritéria, vyjadřuje absolutní užitnost každé alternativy.

Relativní hodnotu užitelnosti alternativ dostaneme podělením absolutní užitelnosti hodnotou maximálního teoreticky dosažitelného počtu bodů (tj. fiktivní alternativa splňující všechna kritéria na 100 %). Relativní hodnota užitelnosti pak bývá často vyjadřována opět v % [9].

2.3.1 Návrh umístění mazacího zařízení

Při rozhodovací analýze jsou posuzovány nejprve tři varianty koncepčního uspořádání, které souvisí s volbou umístění mazacího zařízení. V kapitole 2.2.1 jsou specifikovány navržené varianty.

Varianta A – Zařízení umístěné na plošinách stroje.

Varianta B – Zařízení umístěné nad plošinami stroje.

Varianta C – Zařízení umístěné na bočnicích stroje.

Pro výběr vhodné varianty konstrukčního řešení jsou uvažována tato kritéria:

1. velikost zdvihu,
2. přesnost polohování,
3. prostor k odstavení,
4. náklady na realizaci,
5. nároky na zastavěnou plochu.

Výpočtový postup je shrnut do tab. 1, kde je vyhodnocena optimální varianta.

Tab. 1 Rozhodovací analýza pro návrh umístění mazacího zařízení

párové srovnání kritérií					Matice užítosti alternativ							
					hodnota X		hodnota A		hodnota B		hodnota C	
pořadí	název kritéria	počet vazeb	pořadí významnosti	váha	prostá	vážená	prostá	vážená	prostá	vážená	prostá	vážená
1	velikost zdvihu	3	2	4	100	400	60	240	50	200	80	320
2	přesnost polohování	4	1	5	100	500	70	350	60	300	90	450
3	prostor k odstavení	1	4	2	100	200	90	180	80	160	70	140
4	náklady na realizaci	0	5	1	100	100	60	60	60	60	80	80
5	nároky na zastavěnou	2	3	3	100	300	50	70	70	210	90	270
celkem					1500		900		930		1260	
užitnost					100%		60%		62%		84%	
pořadí							3.		2.		1.	

2.3.2 Volba funkčního zařízení

Dále jsou posouzeny dvě varianty související s volbou funkčního zařízení, které je popsány v kapitole 2.2.2.

Varianta A – Zařízení na platformě angulárního robotu.

Varianta B – Zařízení tvořené kartézským robotem.

Pro výběr vhodné varianty konstrukčního řešení jsou uvažována tato kritéria:

1. přesnost polohování,
2. rychlost polohování,
3. náklady na realizaci,
4. nároky na zastavěnou plochu,
5. tepelná odolnost,
6. flexibilita zařízení.

Výpočtový postup je shrnut do tab. 2, kde je vyhodnocena optimální varianta.

Podle rozhodovací analýzy pro návrh umístění mazacího zařízení (tab. 1) je zvolena varianta C. A pro návrh funkčního zařízení (tab. 2) je zvolena varianta B. Jde o koncepční uspořádání, které je tvořeno kartézským robotem uchyceným na bočnicích stroje. Tento způsob uspořádání nejlépe vyhovoval technologickým podmínkám.

Tab. 2 Rozhodovací analýza pro návrh funkčního zařízení

	párové srovnání kritérií				Matice užítosti alternativ					
					hodnota X		hodnota A		hodnota B	
	název kritéria	počet vazeb	pořadí významnosti	váha	prostá	vážená	prostá	vážená	prostá	vážená
1	přesnost polohování	4	2	5	100	500	60	300	70	350
2	rychlost polohování	5	1	6	100	600	60	360	100	600
3	náklady na realizaci	2	4	3	100	300	50	150	100	300
4	nároky na zastavěnou plochu	1	5	2	100	200	100	200	50	100
5	tepelná odolnost	3	3	4	100	400	50	200	80	320
6	flexibilita zařízení	0	6	1	100	100	100	100	50	50
celkem					2100		1310		1720	
užitnost					100%		62%		82%	
pořadí							2.		1.	

3. Konstrukční zpracování vybrané varianty

Návrh zařízení pro automatické mazání forem je provedeno v těchto krocích:

- 1) výběr konkrétního typu kartézského robotu,
- 2) návrh pohonů,
- 3) přehled výkresové dokumentace,
- 4) kompletní proces mazací hlavy,
- 5) časová dispozice aplikace mazání,
- 6) návrh mazací hlavy,
- 7) řešení mazacího obvodu a stanovení mazací emulze,
- 8) konstrukce ochranných krytů,
- 9) návrh uchycení ke stroji,
- 10) přívod elektrické energie,
- 11) systém řízení.

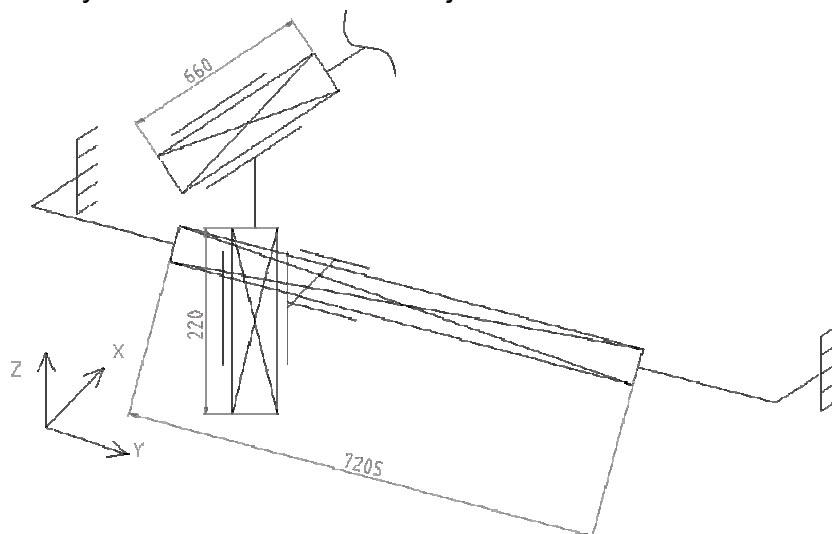
3.1 Výběr konkrétního kartézského robotu

Robot je zvolen na základě potřebné nosnosti, velikostí zdvihů lineárních jednotek a hodnot udávajících délku pojezdové části.

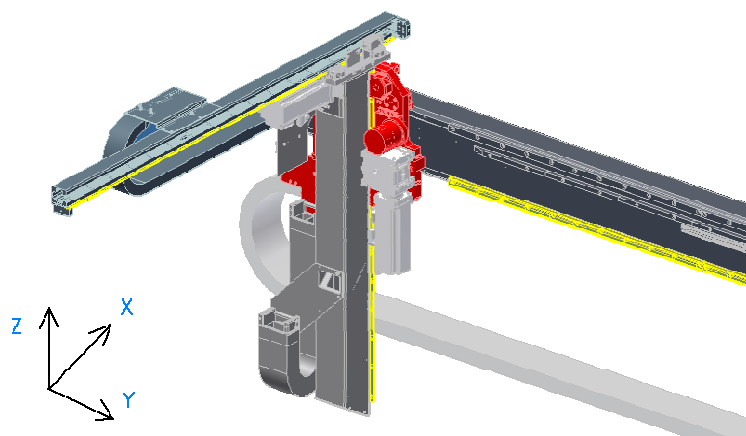
- Potřebná nosnost činí $m = 5 \text{ kg}$,
- velikost zdvihu horizontální jednotky je $z_x = 660 \text{ mm}$,
- velikost zdvihu vertikální jednotky činí $z_z = 220 \text{ mm}$,
- délka pojezdové části je $z_y = 7205 \text{ mm}$.

Výběr konkrétního typu kartézského robotu

Na základě výše uvedených limitních hodnot byla zvolena sestava lineárních jednotek podle schématu na obr. 31, tvořených moduly CP-1 (obr. 32) od firmy GÜDEL [8]. Maximální zatížení modulu je 160 N. Zařízení je zkonstruováno tak, aby mohlo pracovat i v nepříznivých podmínkách a dokáže odolávat až 70°C . Modul je dodáván v potřebných rozměrech lineárních jednotek.



Obr. 31 Kinematické schéma kartézského robotu



Obr. 32 Kartézský robot složený z modulů CP-1 firmy GÜDEL [8]

Konstrukční prvky kartézského robotu CP-1 (viz. příloha 1):

- nosné profily,
- desky vozíku, pojezdové kladky a vodící profily,
- pastorky a ozubené hřebeny,
- energetické řetězy a další komponenty.

3.2 Návrh pohonů

Převodovky poskytuje dodavatel modulů CP-1. Servomotory lze vybrat z řady specializovaných výrobců.

Horizontální jednotka :

Zdvih = 0,66 m

Profil = 60 x 60 mm

$m_{cx} = 15 \text{ kg}$

Ozubený hřeben:

$m = 0,637$

$z = 30$

$v_{max} = 1 \text{ m/s}$

$$d = m \cdot z = 0,637 \cdot 30 = 19,1 \text{ mm}$$

$$v_{max} = \omega_p \cdot \frac{d_0}{2} \Rightarrow \omega_p = \frac{2 \cdot v_{max}}{d_0} = \frac{2 \cdot 1}{0,0191} = 104,7 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_p = 2 \cdot \pi \cdot n_p \Rightarrow n_p = \frac{\omega_p}{2 \cdot \pi} \cdot 60 = \frac{104,7}{2 \cdot \pi} \cdot 60 \cong 1000 \text{ ot / min}$$

Návrh motoru:

DSD045S64U30-5

$n_M = 3000 \text{ ot/min}$

$M_{Mn} = 2,5 \text{ Nm}$

$M_{Mmax} = 11 \text{ Nm}$

$J_A = 1,39 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$

$m_M = 4,2 \text{ kg}$

Převodový poměr:

$$i = \frac{n_M}{n_p} = \frac{3000}{1000} = 3$$

Návrh převodovky:

AE 030

$\eta = 0,79$

$M_{Pn} = 7,8 \text{ Nm}$

$M_{Pmax} = 35 \text{ Nm}$

$i = 3$

$J_{př} = 69 \cdot 10^{-7} \text{ kgm}^2$

$m_p = 1,6 \text{ kg}$

Výpočet momentů setrvačnosti:

Dynamické vlastnosti pohonu:

$J_L < 3 \cdot J_A$ Aby pohon splňoval dynamické požadavky musí být J_L menší než třínásobek J_A .

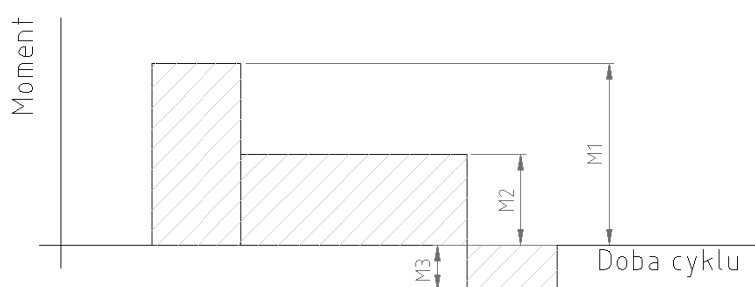
$$\frac{1}{2} \cdot J_A \cdot \omega_p^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{př} \cdot \omega_M^2 + \frac{1}{2} \cdot J_M \cdot \omega_M^2 \Rightarrow J_A = (J_{př} + J_M) \cdot i^2 = 0,00131 \text{ kgm}^2$$

Zjednodušený výpočet momentu setrvačnosti pastorku:

$$J_L = m_{cx} \frac{d^2}{4} = 0,001368 \text{ kgm}^2$$

$J_L < 3 \cdot J_A \Rightarrow 0,001368 < 0,00393$ pohon vyhovuje.

Řešení dynamických účinků:

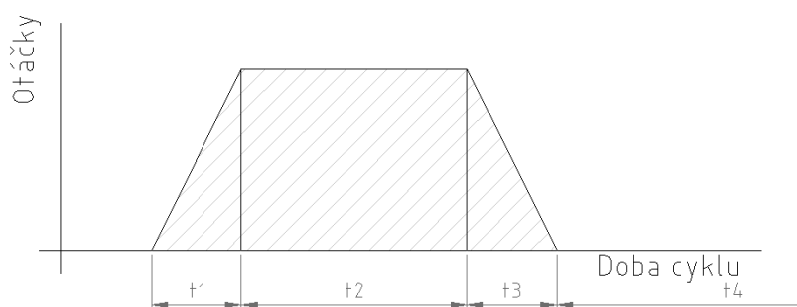


M_1 rozběhový moment

$M_2 = M_L$ moment zátěže

M_3 brzdňový moment

$M_3 = M_2 - (M_1 - M_2)$



t_1 doba

rozběhu

t_2 doba

konstantní

rychlosti

t_3 doba brždění

t_4 klidová doba

Obr: 33 Postup pracovního cyklu

$$M_{stř} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_c}}$$

Čas rozběhu byl zvolen $t_1 = 0,2 \text{ s}^{-1}$

Rozběhový moment: $M_1 = M_2 + \frac{2\pi (J_A + J_L) \cdot n_p}{60 t_1} = 1,843 \text{ Nm}$

Moment zátěže: $M_2 = M_L = F_{pas} \cdot \frac{d}{2} = m_{cx} \cdot a \cdot \frac{d}{2} = 0,43 \text{ Nm}$

Střední moment: $M_{stř} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_c}} = 0,67 \text{ Nm}$

Vertikální jednotka :

Zdvih = 0,22 m

Profil = 60 x 60 mm

$m_{cz} = 100 \text{ kg}$

Ozubený hřeben:

$m = 1,592$

$$z = 20$$

$$v_{\max} = 0,833 \text{ m/s}$$

$$d = m \cdot z = 1,592 \cdot 20 = 31,83 \text{ mm}$$

$$v_{\max} = \omega_p \cdot \frac{d_0}{2} \Rightarrow \omega_p = \frac{2 \cdot v_{\max}}{d_0} = \frac{2 \cdot 0,833}{0,03183} = 52,35 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_p = 2 \cdot \pi \cdot n_p \Rightarrow n_p = \frac{\omega_p}{2 \cdot \pi} \cdot 60 = \frac{52,35}{2 \cdot \pi} \cdot 60 \cong 500 \text{ ot / min}$$

Návrh motoru:

DSD056M64U30-5

$$n_M = 3000 \text{ ot/min}$$

$$M_{Mn} = 8,8 \text{ Nm}$$

$$M_{M\max} = 38 \text{ Nm}$$

$$J_A = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$$

$$m_M = 10 \text{ kg}$$

Převodový poměr:

$$i = \frac{n_M}{n_p} = \frac{3000}{500} = 6$$

Návrh převodovky:

AE 045

$$\eta = 0,81$$

$$M_{Pn} = 29,6 \text{ Nm}$$

$$M_{P\max} = 120 \text{ Nm}$$

$$i = 6$$

$$J_{př} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$$

$$m_p = 3,5 \text{ kg}$$

Výpočet momentů setrvačnosti:

Dynamické vlastnosti pohonu:

$J_L < 3 \cdot J_A$ Aby pohon splňoval dynamické požadavky musí být J_L menší než třínásobek J_A .

$$\frac{1}{2} \cdot J_A \cdot \omega_p^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{př} \cdot \omega_M^2 + \frac{1}{2} \cdot J_M \cdot \omega_M^2 \Rightarrow J_A = (J_{př} + J_M) \cdot i^2 = 0,016 \text{ kgm}^2$$

Zjednodušený výpočet momentu setrvačnosti pastorku:

$$J_L = m_{cz} \frac{d^2}{4} = 0,0253 \text{ kg m}^2$$

$$J_L < 3 \cdot J_A \Rightarrow 0,0253 < 0,048 \quad \dots \text{ pohon vyhovuje.}$$

Řešení dynamických účinků:

Čas rozběhu byl zvolen $t_1 = 0,2 \text{ s}^{-1}$

$$\text{Rozběhový moment: } M_1 = M_2 + \frac{2\pi (J_A + J_L) \cdot n_p}{60 t_1} = 18 \text{ Nm}$$

$$\text{Moment zátěže: } M_2 = M_L = F_{pas} \cdot \frac{d}{2} = m_{cx} \cdot a \cdot \frac{d}{2} = 7,16 \text{ Nm}$$

$$\text{Střední moment: } M_{stř} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_c}} = 8,18 \text{ Nm}$$

Pojezdová jednotka :

Zdvih = 7,205m

Profil = 220 x 120 mm

$m_{cy} = 150 \text{ kg}$

Ozubený hřeben:

$m = 3,183$

$z = 20$

$v_{\max} = 0,5 \text{ m/s}$

$$d = m \cdot z = 1,592 \cdot 20 = 31,83 \text{ mm}$$

$$v_{\max} = \omega_p \cdot \frac{d_0}{2} \Rightarrow \omega_p = \frac{2 \cdot v_{\max}}{d_0} = \frac{2 \cdot 0,5}{0,03183} = 31,42 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_p = 2 \cdot \pi \cdot n_p \Rightarrow n_p = \frac{\omega_p}{2 \cdot \pi} \cdot 60 = \frac{78,54}{2 \cdot \pi} \cdot 60 \cong 300 \text{ ot / min}$$

Návrh motoru:

DSD056M64U30-5

$n_M = 3000 \text{ ot/min}$

$M_{Mn} = 8,8 \text{ Nm}$

$M_{M\max} = 38 \text{ Nm}$

$J_A = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$

$m_M = 10 \text{ kg}$

Převodový poměr:

$$i = \frac{n_M}{n_p} = \frac{3000}{300} = 10$$

Návrh převodovky:

AE 060

$\eta = 0,88$

$M_{Pn} = 75 \text{ Nm}$

$M_{Pmax} = 300 \text{ Nm}$

$i = 10$

$J_{př} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ kgm}^2$

$m_p = 7,7 \text{ kg}$

Výpočet momentů setrvačnosti:

Dynamické vlastnosti pohonu:

$J_L < 3 \cdot J_A$ Aby pohon splňoval dynamické požadavky musí být J_L menší než třínásobek J_A .

$$\frac{1}{2} \cdot J_A \cdot \omega_p^2 = \frac{1}{2} \cdot J_{př} \cdot \omega_M^2 + \frac{1}{2} \cdot J_M \cdot \omega_M^2 \Rightarrow J_A = (J_{př} + J_M) \cdot i^2 = 0,047 \text{ kgm}^2$$

Zjednodušený výpočet momentu setrvačnosti pastorku:

$$J_L = m_{cy} \frac{d^2}{4} = 0,038 \text{ kg m}^2$$

$$J_L < 3 \cdot J_A \Rightarrow 0,038 < 0,141 \quad \dots \text{pohon vyhovuje.}$$

Řešení dynamických účinků:

Čas rozběhu byl zvolen $t_1 = 0,5 \text{ s}^{-1}$

$$\text{Rozběhový moment: } M_1 = M_2 + \frac{2\pi (J_A + J_L) \cdot n_p}{60 t_1} = 12,5 \text{ Nm}$$

$$\text{Moment zátěže: } M_2 = M_L = F_{pas} \cdot \frac{d_0}{2} = m_{cx} \cdot a \cdot \frac{d_0}{2} = 7,16 \text{ Nm}$$

$$\text{Střední moment: } M_{stř} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{t_c}} = 7,55 \text{ Nm}$$

Servomotory byly navrženy vyšších kapacit z důvodu teplotního namáhání.

3.3 Přehled výkresové dokumentace

V této kapitole je uvedena kompletní výkresová dokumentace mazacího zařízení.

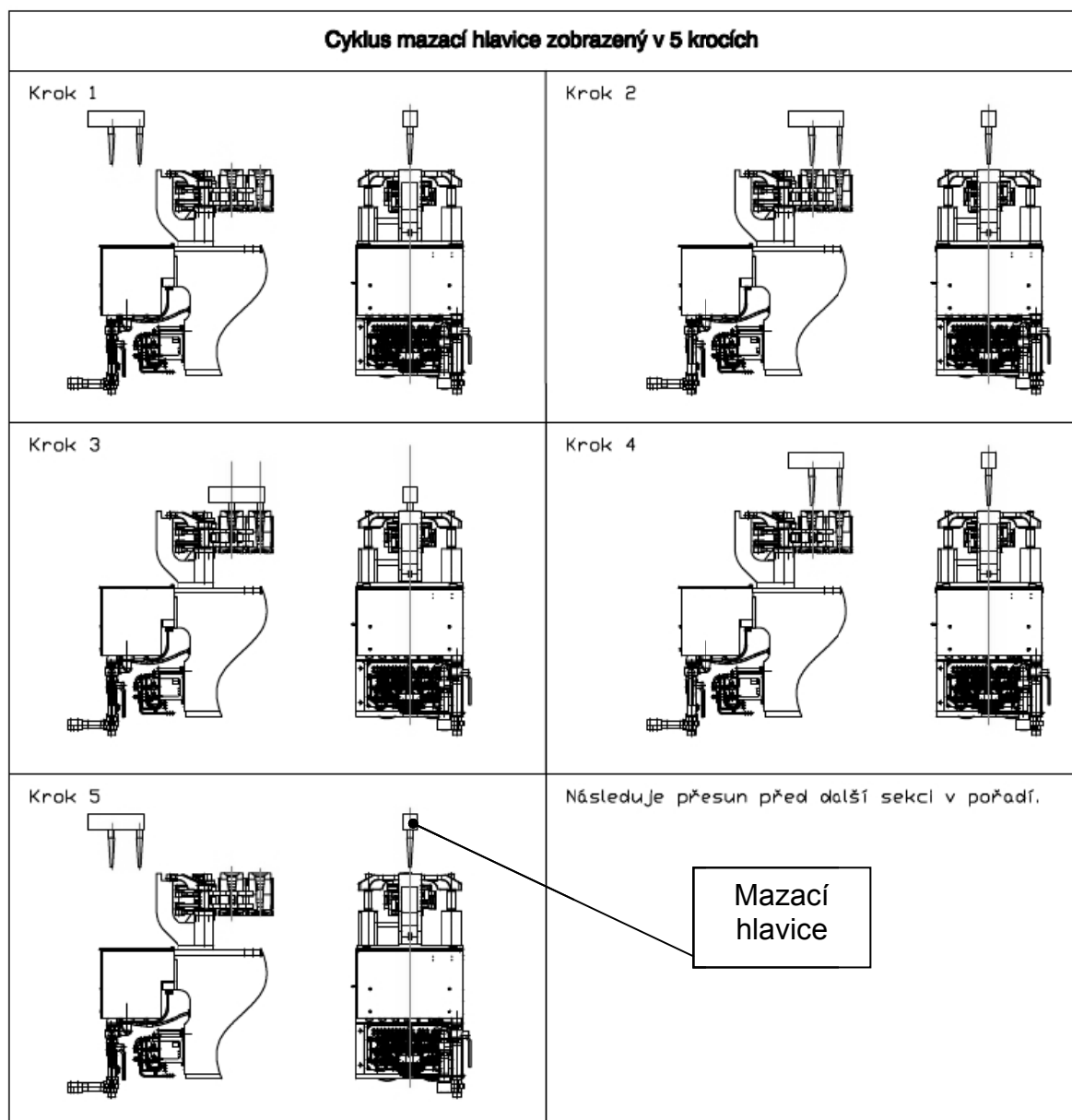
Řadový stroj	1-DP-S04000155-1-0-00
Řadový stroj montáž	2-DP-S04000155-1-0-01
Držák žlabu	4-DP-S04000155-1-0-02
Kryt pojezdu střední	3-DP-S04000155-1-0-03
Kryt pojezdu krajní	3-DP-S04000155-1-0-04
Vymezovací kroužek	4-DP-S04000155-1-0-05
Mazací hlavice	3-DP-S04000155-1-1-00
Tělo hlavice	3-DP-S04000155-1-1-01
Nástavec	4-DP-S04000155-1-1-02
Kryt ventilu	4-DD-S04000155-1-1-03
Mazací zařízení	2-DP-S04000155-1-2-00
Kryt horizontální jednotky	4-DP-S04000155-1-2-01
Bočnice s konzolou levá	2-DP-S04000155-1-3-00
Konzola bočnice	3-DP-S04000155-1-3-01
Kryt bočnice	3-DP-S04000155-1-3-02
Dveře levé	3-DP-S04000155-1-3-03
Deska pojezdu	3-DP-S04000155-1-3-04
Deska bočnice	3-DP-S04000155-1-3-05
Sloupek	3-DP-S04000155-1-3-06
Žebro horizontální	3-DP-S04000155-1-3-07
Žebro vertikální	3-DP-S04000155-1-3-08
Bočnice s konzolou pravá	3-DP-S04000155-1-4-00
Konzola bočnice	3-DP-S04000155-1-3-01
Kryt bočnice	3-DP-S04000155-1-3-02
Dveře pravé	3-DP-S04000155-1-4-01
Stojan s konzolou střední	2-DP-S04000155-1-5-00
Těleso stojanu	3-DP-S04000155-1-5-01
Konzola střední	2-DP-S04000155-1-5-02
Konzola pojezdu	3-DP-S04000155-1-5-03
Opěrná deska	3-DP-S04000155-1-5-04

3.4 Kompletní proces mazací hlavice

Cyklus mazací hlavice zajištěný kartézským robotem je znázorněn na obr. 34 v pěti krocích. Pro přehlednost je cyklus aplikován na jedné sekci stroje.

- Krok 1 - najetí mazacího zařízení před sekci, která má být mazána,
- krok 2 - přesné polohování mazací hlavice nad osu PF,

- krok 3 - zajištění trysek do PF,
- krok 4 - vyjetí trysek z PF,
- krok 5 - přesun do prostoru před stojan PF,
- dále následuje přejetí před sekci, které je v pořadí.



Obr. 34 Cyklus mazací hlavice

Popis cyklu mazací hlavice

Na obr. 34 v kroku 1 se mazací zařízení nejprve přemístí před sekci, která je přepnuta do mazacího režimu. Důležité je, aby mazací zařízení bylo v přesné poloze a to v horizontální ose PF. Následuje krok 2, kde se mazací hlavice přemístí nad PF a to do její vertikální osy. Nyní je hlavice připravena k dalšímu kroku.

Následuje krok 3, ve kterém dochází k zasunutí trysek do dutiny PF. Zde dochází k samotnému mazacímu procesu. Skrz trysky se rozstříkem aplikuje mazací emulze na povrch dutiny formy.

Nyní se proces opakuje v opačném smyslu. Po procesu mazání dochází k vysunutí mazací hlavy z prostoru PF, což je další krok s pořadovým číslem 4.

Konečná fáze cyklu jedné stanice je krok 5, kde je znázorněno polohování z prostoru nad PF do prostoru před stojan držáku PF.

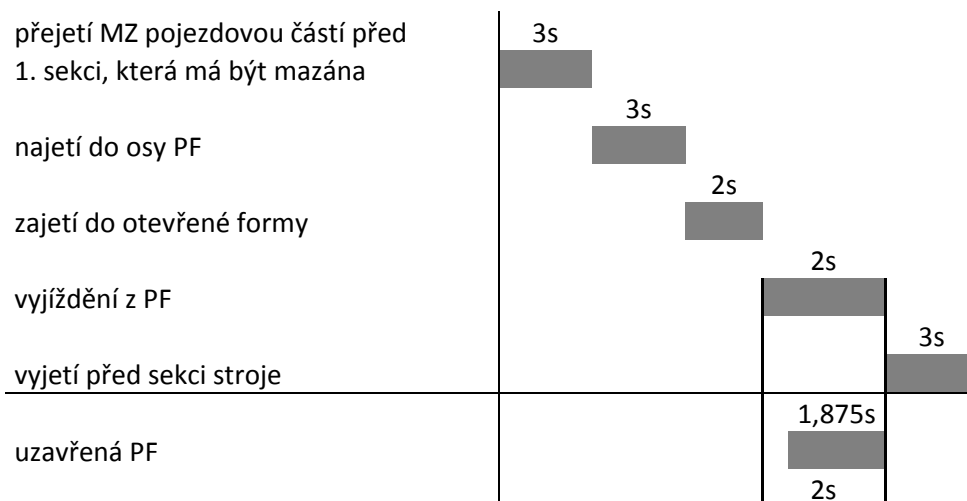
3.5 Časová dispozice aplikace mazání

Z časového harmonogramu pracovního cyklu mechanismů, které jsou součástí jedné sekce, vyplívají požadavky na pracovní proces mazacího zařízení. Zařízení musí za 10 minut promazat celý stroj. Na promazání jedné sekce má tedy 50 sekund.

Tab. 3 Časový snímek mazacího cyklu jedné sekce

Úkon	Doba trvání [s]	Doplňující informace
přejetí pojezdové části před x. sekci, která má být mazána	3	přejetí pojezdovou částí z parkovací polohy do prostoru před x. sekci
najetí do osy PF	3	vysunutí horizontální jednotky
zajetí do otevřené formy	2	sjetí vertikální jednotky
vyjíždění z PF	2	vyjíždění vertikál. jednotky + aplikace mazání
vyjetí před sekci stroje	3	zasunutí horizontální jednotky

Na obr. 35 je znázorněn diagram pracovního cyklu při mazání na jedné sekci stroje. Uzavřená PF je pouze 1,875 sekund z čehož vyplývá, že aplikace probíhá ze začátku do otevřené formy a to přibližně desetinu sekundy. Následné mazání probíhá v uzavřené formě.

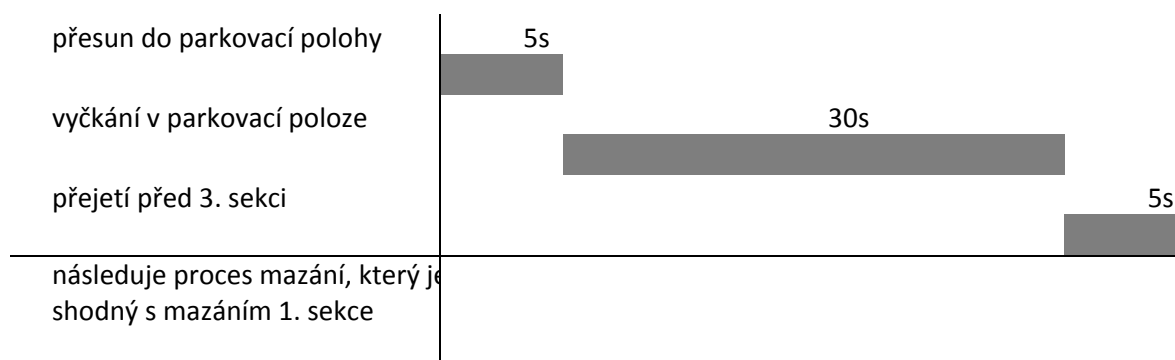


Obr. 35 Diagram pracovního cyklu mazacího zařízení při mazání jedné sekce

Tab. 4 Časový snímek mazacího cyklu následující sekce

Úkon	Doba trvání [s]	Doplňující informace
přesun do parkovací polohy	5	přejetí pojezdové části
vyčkání v parkovací poloze	30	odstavení do polohy před bočnici stroje
přejetí před následující sekci	5	přesun pojezdové části
následuje proces mazání který je shodný s mazáním x. sekce	10	viz. tabulka 3

Na obr. 36 je znázorněn diagram pracovního cyklu při mazání následující sekce. Před každou aplikací mazání se zařízení přesune do parkovací polohy, kde není vystaveno kritickým teplotám. Dále je usnadněn přístup obsluhy.



Obr. 36 Diagram pracovního cyklu mazacího zařízení při mazání následující sekce

Proces mazání jednotlivých sekcí je shodný s pracovními diagramy znázorněnými na obr. 35 a obr. 36.

Mazací pořadí jednotlivých sekcí je uspořádáno podle pálicího pořadí řadového stroje, který je:

- 1, 3, 6, 7, 10, 12, 9, 11, 8, 5, 2, 4.

3.6 Návrh mazací hlavice

Ekforem automatického mazacího zařízení je mazací hlavice, která se skládá z těchto částí:

- tělo hlavice,
- nástavné trubky,
- dvojice trysek,
- redukce D-1/4I-1/2A,
- elektromagnetický ventil 2/2 MN1H-MS,
- kryt ventilu,
- spojka s kolenem,
- záslepka B-1/4,
- hliníková podložka,
- těsnící kroužky a spojovací materiál.

Tělo hlavice je zkonstruováno tak, aby bylo snadno připevnitelné k mazacímu zařízení. Hlavní funkcí mazací hlavice je rozvedení přivedené emulze do PF typu duplex. Na spojku s kolenem je připojen přívod formou teplotně odolných hadic. Emulze pokračuje do těla hlavice, kde se rozdělí na dvě stejné části. Dále pomocí nástavných trubek a trysek rovnoměrně pokryje dutinu PF.

Při výběru vhodného typu trysek se musí uvažovat s mnoha faktory, které ovlivňují celý proces mazání.

Kterými jsou:

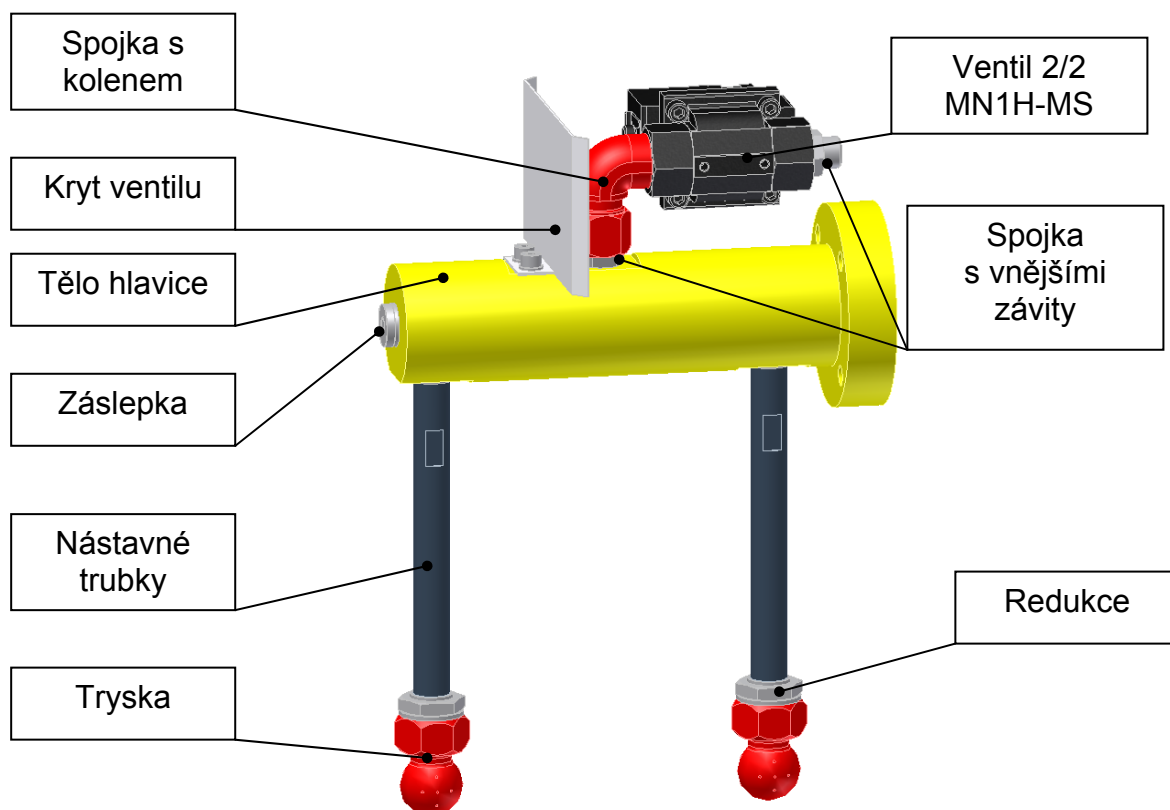
- typ rozstříku,
- velikost trysky,
- tepelná odolnost trysky.

Výrobou trysek se zabývá mnoho specializovaných firem, mezi které patří např. Spray systems, Hennlich a jiné. Vzhledem k dokonalému rozstříku byla vybrána nerezová tryska typu VSM-44 od dodavatele již zmíněné firmy Spray Systéme Czech, s.r.o.

Na obr. 37 je znázorněn model navržené mazací hlavice se všemi dílčími celky. Hlavice musí splňovat několik technologických požadavků. Jak je patrné z obrázku, bylo nutné zvolit délku nástavců s tryskami s ohledem na maximální mezní polohu trysky v PF. Dále bylo nutné dodržet požadovanou rozteč již zmiňovaných nástavců.

S ohledem na nutnost správného uchycení na lineární jednotku modulu CP-1, bylo navrženo upevnění pomocí příruby se čtyřmi šrouby a středícím kolíkem.

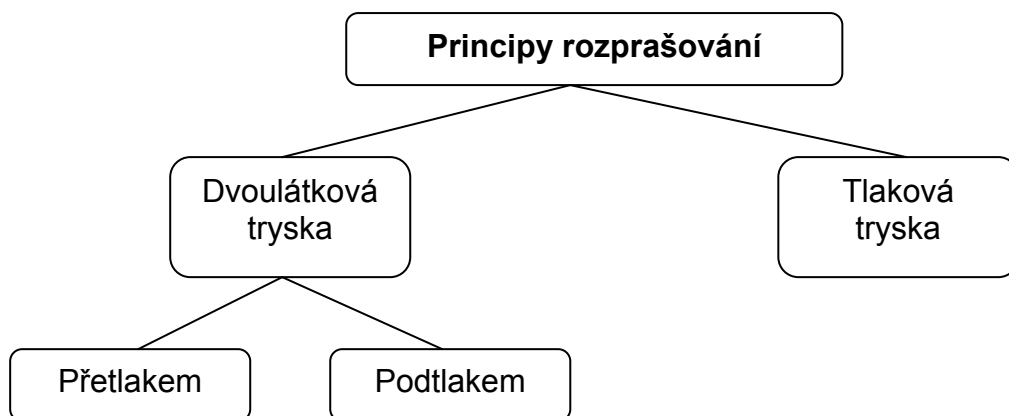
Přívod pracovní látky je řešen pomocí standardně vyráběným dílem zvaným trubková přípojka úhlová s připojovacím závitem trubkovým.



Obr. 37 Model mazací hlavice

3.7 Řešení mazacího obvodu a stanovení mazací emulze

Způsoby rozprašování mazací emulze



Obr. 38 Způsoby rozprašování mazací emulze

Dvoulátková tryska s přetlakem je založena na objemovém dávkování maziva. Tryska s pod tlakem je specifikována aplikací ejekčního účinku. Tlakovou trysku je pro realizovatelnost nutno obstarat tlakovým obvodem s přívodem maziva (obr. 38).

Mazací obvod je řešen v příloze 2. Skládá se ze dvou tlakových nádob, které jsou schopny dodávat do obvodu pracovní látku o konstantním tlaku, proto nenarušují kontinuální průběh provozní linky. Emulze je přivedena s využitím tepelně odolných hadic do rozvaděče, který řídí kompletní mazání. Na výstupu je mazací hlavice.

Rozvod stlačeného vzduchu v provozu skláren je stanoven na $p = 0,35 \text{ MPa}$ a $0,6 \text{ MPa}$.

Volba nádrže souvisí s množstvím (objemem) potřebné pracovní látky na promazání všech forem. Kapacita musí být dostatečná, aby zařízení bylo možno plynule pracovat celou směnu.

Stanovení množství pracovní emulze

Z informací dodaných firmou Sklostroj, je vypočteno množství emulze na 2 cm^3 na jednu formu.

Určení množství mazací emulze pro 12-ti sekční stroj, který pracuje celou směnu.

- množství potřebné na jednu formu $V_1 = 2 \text{ cm}^3$,
- počet sekcí stroje $n_s = 12$,
- počet mazání za jednu hodinu $n_h = 6$,
- počet hodin za směnu $t_s = 8$.

$$V_s = V_1 \cdot n_s \cdot n_h \cdot t_s = 2 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 8 = 1152 \text{ cm}^3 = 1,152 \text{ l za směnu}$$

Volba velikosti tlakových nádob je závislá na potřebném množství pracovní emulze.

Tlaková expanzní nádoba s vakem (obr. 39) je svařená ocelová nádoba, kde uvnitř pryžového vaku je prostor určený pro pracovní látku. Přivedením stlačeného vzduchu se získá konstantního přetlaku mazací emulze.



Obr. 39 Expanzní nádoba s vakem od firmy Aquatrading s r. o. [10]

Technické parametry tlakové nádoby typu VAV 5:

Provozní tlak: 1000 kPa

Plnicí tlak:	150 kPa
Objem:	5 l
Průměr:	160 mm
Výška:	256 mm
Hmotnost:	1,5 kg
Připojení:	G3/4"

K zajištění stálého přísunu mazací emulze musí mazací obvod obsahovat dvě tlakové nádoby. A to z důvodu doplňování při provozu linky. Volba nádrže je pouze orientační. Výrobce Aquatrading s r. o. dodává tlakové nádoby v mnoha provedeních.

Dále je navržen systém dopravy pracovní emulze od tlakové nádoby přes rozvaděč do mazací hlavice. Tento problém je řešen s využitím tepelně odolných hadic z kovového materiálu (obr. 40). Tento produkt dokáže odolat až + 600 °C.



Obr. 40 Kovová hadice od HANSA-FLEX [11]

Mazací emulze, je poskytována mnoha výrobci. Mezi významné výrobce olejů a maziv, je firma TOTAL Lubricants USA. Nabízí širokou škálu maziv používaných v mnoha zařízeních. Jsou složeny z petroleje, grafitu a rostlinného oleje. Nejdůležitější kritériem při výběru mazací emulze je obsah grafitu, který se pohybuje od 1–4 %, v mazivu. Čím menší forma tím méně je grafitu zapotřebí.

Používanou mazací emulzí je KLEENMOLD 170, který je už experimentálně vyzkoušen a vyhovuje požadavkům mazání.

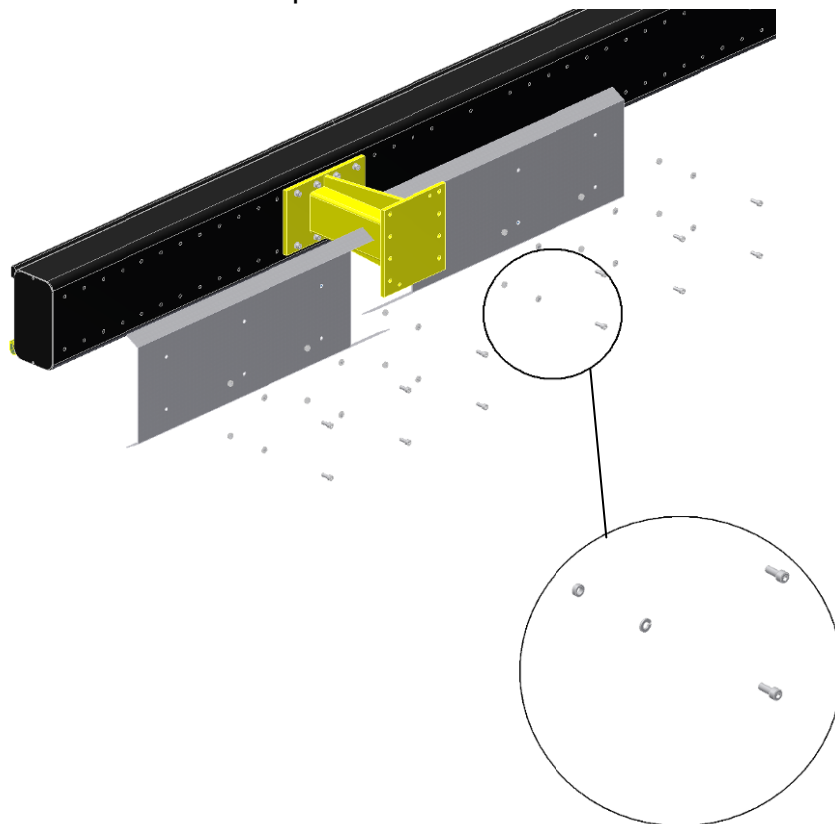
Složení mazací emulze KLEENMOLD 170 získány z [12]:

- grafit 5,1÷6,1 %,
- síra 4,0÷5,0 %,
- petrolej 70÷80 %,
- přísady 20÷30 %.

3.8 Konstrukce ochranných krytů

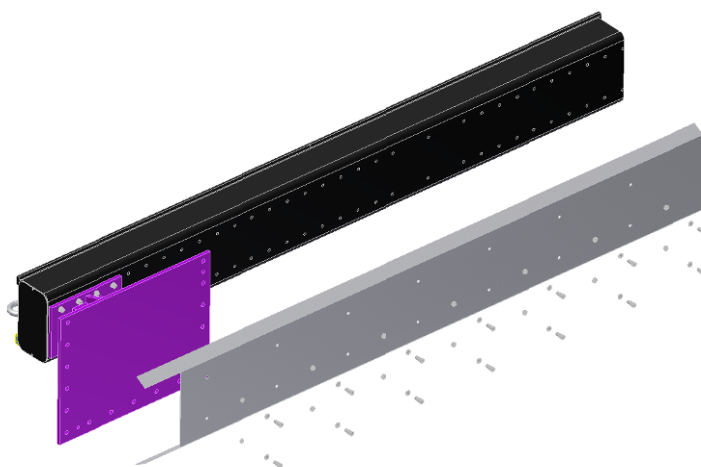
Ochranné kryty chrání mazací zařízení v prostředí, kde teploty dosahují až k 70 °C. Kryty z nerezového plechu mají výbornou tepelnou odrazivost.

Ochrana pojezdové části se skládá ze dvou typů krytů. Střední část pojezdu je řešena čtyřmi stejnými kryty opačně připevněnými vzhledem ke konzolám stojanu PF (obr. 41). Spojovací části spolu s vymezovacími kroužky umožňují dostatečný odstup krytu od pojezdové části z důvodu tepelného ohřevu.



Obr. 41 Model krajního krytu

Krajní části navazují na kryty střední a chrání také pojezdovou část. Na obr. 42 je znázorněn rozvinutý model se všemi spojovacími částmi. Kde ochranný kryt zasahuje až do prostoru konzoly bočnice.

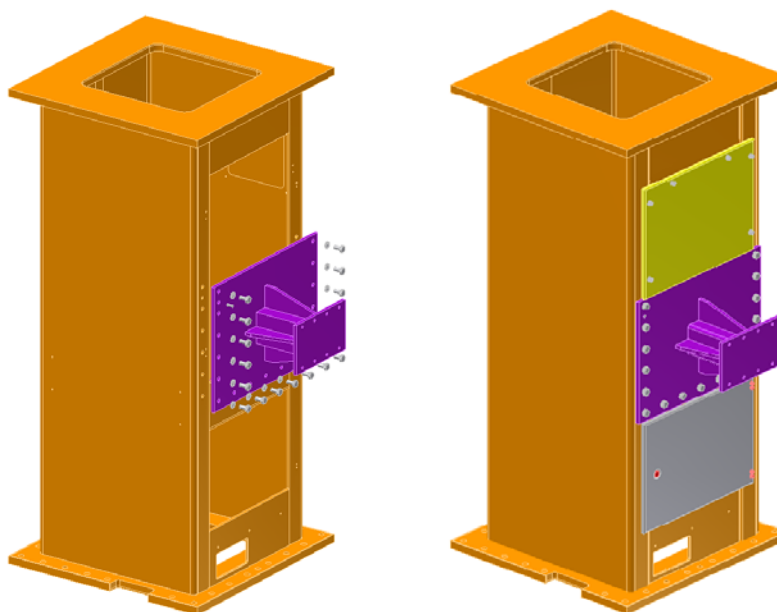


Obr. 42 Model středního krytu

Ochrana ventilu je řešena krytem uchyceným na mazací hlavici. Dále je chráněna horizontální jednotka kartézského robotu také ochranným krytem. Ten je instalován při montáži hlavice. Dostatečně chrání jednotku od nežádoucího tepelného namáhání.

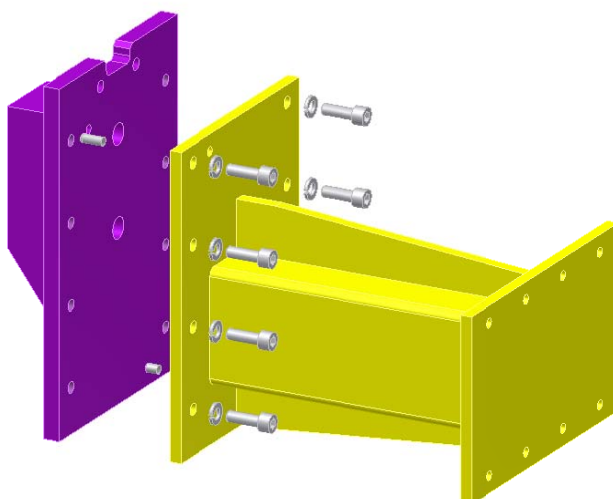
3.9 Návrh uchycení ke stroji

Využití stávajících dílčích celků stroje je z hlediska tuhosti mazacího zařízení velmi významné. Na bočnice stroje je zařízení uchyceno na obou koncích tak, aby se mohlo přesunout do úrovně mimo prostor PF. Úchytným prvkem je zvolena konzole připevněna na levou i pravou bočnici (obr. 43).



Obr. 43 Model bočnice s konzolou a zakrytváním

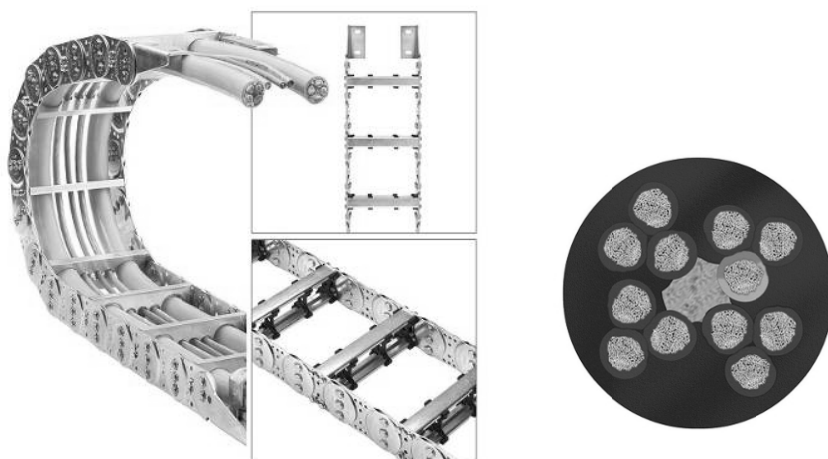
Dalším úchytným prvkem je stojan PF. Konzola je umístěna na 5. a 8. sekci z hlediska eliminace průhybu. Skládá se ze dvou částí. A to z držáku stojanu, který je připevněn na stojan PF a konzoly pojezdu, která ho spojuje s pojezdovou částí (obr. 44).



Obr. 44 Model stojanu s konzolou střední

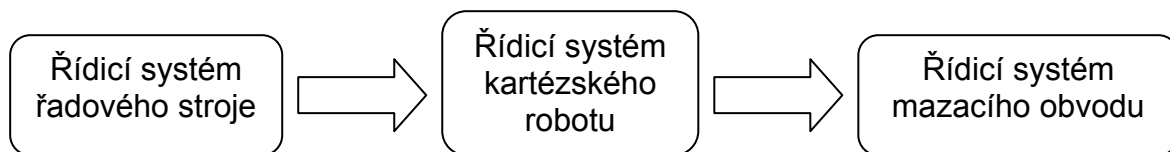
3.10 Přívod elektrické energie

Přívod elektřiny je řešen teplotně odolnými kabely vedenými v energetických řetězech. Důvodem je zvýšení životnosti kabelů. Vzhledem k vysokým teplotám prostředí volím tepelně odolné kabely uložené v energetickém řetězu z kovového materiálu. Kabely dokáží odolat až 80 °C a řetěz tvořený z hliníkových příček odolá teplotám až do 250 °C (obr. 45). Pro bezproblémový chod je energetický řetěz uložen ve vodícím žlabu.



Obr. 45 Energetický řetěz Boa 46 a kabel Wampfler CXP-6 od firmy Conductix-Wampfler s.r.o. [13]

3.11 Systém řízení



Obr. 46 Schéma řízení mazacího zařízení

Servomotory jsou dodávány s řídicím systémem, který je možný snadno synchronizovat s řadovým strojem. Do systému je nutné připojit i řídicí systém mazacího obvodu.

Odměřování je řešeno čidlem, které je připojeno do PLC jednotky a frekvenční měnič polohuje servomotor do žádané polohy. PLC se skládá z procesorové jednotky, systémové a uživatelské paměti.

4. Zhodnocení přínosu a využitelnosti mazacího zařízení

Navržené zařízení umožňuje automatické mazání předních forem a je synchronizováno s řadovým tvarovacím strojem.

4.1 Technicko – ekonomické zhodnocení

Zařízení pro automatické mazání forem je technicky zdůvodnitelnou investicí. Přesným dávkováním pracovní emulze, které je velice důležité, se zvyšuje kvalita povrchu skleněného výrobku. Speciální oleje vynikají svými vlastnostmi, kterými se výrobní proces značně urychlí.

V dnešní době je obsluha stroje již minimalizována tak, že nelze počítat se snížením mzdových nákladů při nasazení mazacího zařízení.

Hlavním přínosem je zvýšením bezpečnosti a hygieny práce, kde obsluha stroje není přímo vystavena spalínám mazací emulze. Výhodou je možnost snížení spotřeby mazací emulze, která je stanovena přesným dávkováním. S tím souvisí také zajištění exaktně dané opakovatelnosti mazání.

Automatické mazací zařízení bylo navržené s reálným předpokladem snížení zmetkovitosti a dosažení větší trvanlivosti forem. Kvalifikovaným odhadem je očekávána úspora spotřeby mazací emulze v důsledku automatického mazání na úrovni 15÷20 %. Lze jej snadno modifikovat na další typy řadových strojů. S využitím normalizovaných dílů je snadno zkonstruováno.

V kapitole 3.7 bylo vypočteno potřebné množství mazací emulze na celou směnu, které činí 1,125 l/směna.

Cena mazací emulze: $C_{ME} = 5 \text{ €} = 130 \text{ Kč/l}$

Uspořená mazací emulze z litru: $U_{ME} = 130 \cdot 20 \% = 26 \text{ Kč/l}$

Potřebné množství emulze na rok: $V_{rok} = 356 \cdot 3 \cdot 1,125 = 1201,5 \text{ l/rok}$

Uspořená mazací emulze za rok:

$$U_{ME/rok} = 1201,5 \cdot 0,2 = 240,3 \text{ l/rok}$$

$$C_{ME/rok} = V_{rok} \cdot U_{ME} = 31,24 \text{ tis. Kč/rok}$$

Náklady na zajištění mazacího zařízení:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| • moduly CP-1 bez servomotorů | 21 900 € = 568,74 tis. Kč |
| • servomotory a systém řízení | 111,6 tis. Kč |
| • mazací hlavice | 12 tis. Kč |
| • mazací obvod | 64 tis. Kč |
| • vyráběné komponenty (úchytné prvky) | 80 tis. Kč |
| • náklady na montáž a oživení | 90 tis. Kč |
| • elektrovybavení | 40 tis. Kč |

Celkové náklady na realizaci:

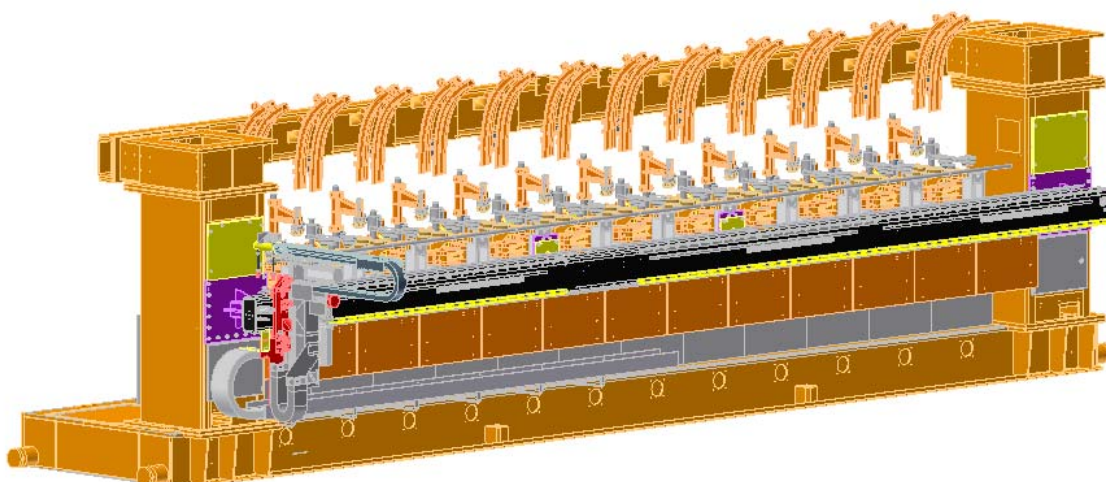
$$C_N = 966,34 \text{ tis. Kč}$$

Dobu návratnosti je obtížné stanovit neboť nejsou k dispozici reálné odhady přínosu v důsledku snížení zmetkovitosti. Přes to je předpoklad dosažení návratnosti reálný.

4.2 Využitelnost navrženého zařízení

S využitím nakoupeného modulu od specializovaného výrobce lze zaručit bezchybný chod. Významné je jeho umístění při odstavení, při kterém dochází k samovolnému ochlazování, které může být efektivnější s použitím přídavného chlazení. Dále je vyřešena přístupnost obsluhy stroje, která je nezbytnou součástí návrhu tohoto zařízení. Mazací obvod je schopen odolat prostředí. Tlaková nádoba svojí kapacitou dokáže obstarat mazání pro dva stroje v tandemu na celé dva měsíce.

Kompletní sestava mazacího zařízení ve formě 3D modelu



Obr. 47 Model řadového stroje spolu s mazacím zařízením

Zařízení lze aplikovat jak na nové stroje tak i na již vyrobené. Při montáži je nutné modifikovat levou i pravou bočnici spolu s dvěma stojany PF a to na 5. a 8. sekci. Výrobce modulu je schopen dodat zařízení v přesných rozměrech, tak je lze snadno modifikovat na veškeré typy strojů firmy Sklostroj Turnov CZ, s.r.o.

Závěr

Diplomová práce obsahuje komplexní řešení zařízení pro mazání sklářských forem řadového sklářského stroje.

V úvodní části byl proveden rozbor současného stavu s popisem jednotlivých mechanismů a teorie mazání. Při návrhu mazacího zařízení byly podrobně zhodnoceny vstupní podmínky vycházející ze současného stavu stroje.

Dále byly rozpracovány alternativní studie možného uspořádání a výběru optimálního robotu. Proveden kompletní proces manipulace a časová dispozice mazání.

Konstrukčním řešením mazací hlavičky, ochranných krytů, stanovení mazací emulze a návrh úchytných konzol se zabývá kapitola 3.

Za hlavní přínos řešení lze pokládat nejen zvýšení bezpečnosti, ale i kapacitu výrobní linky. Nejen, že dojde ke snížení spotřeby pracovní látky a tím dochází k rovnoměrnému povlaku mazací emulze na povrchu formy, ale zároveň lze mazací zařízení snadno použít i na jiné druhy řadových strojů.

Práce také obsahuje kompletní výkresovou dokumentaci. Přes to, že konstrukce byla vyvinuta s přihlédnutím k požadovaným funkčním vlastnostem celého zařízení a bylo by v této fázi možné zařízení vyrobit, doporučuji některé detaily konstrukce rozpracovat v dalších pracích.

Seznam použité literatury

- [1] BELDA, J.: Sklářské a keramické stroje I., Liberec: TUL, 1994.
- [2] Technické podklady, Sklostroj TURNOV CZ, s.r.o.
- [3] Ing. Jiří Klíma. Řízení sklářského stroje s použitím systémů Simotion a Comes. Automa. [online], Březen 2006 [cit. 20. dubna 2010]. Dostupné na WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=31042>.
- [4] SMRČEK, A.: Strojní tvarování skla, SNTL Praha, 1981.
- [5] TRNKA, J.: Konstrukce sklářských forem a skleněných výrobků, Praha: SNTL 1957.
- [6] Patentová dokumentace. Internet.
- [7] Webové stránky firmy ABB. [cit. 10. března 2010] .
WWW: < <http://www.abb.com/product/seitp327/3ae5794fd31fab4cc12573da0036bd55.aspx> >.

- [8] Webové stránky firmy GÜDEL. [cit. 11. březan 2010]
WWW: < <http://www.gudel.com> >.
- [9] Novotný, F.: Základy robotiky. Vybrané statě skript DVD. Liberec 2007.
254 s.
- [10] Webové stránky firmy Aquatrading. [cit. 22. dubna 2010]
WWW: < <http://www.aquatrading.cz/download/VAV%20-%20VAO.pdf> >.
- [11] Webové stránky firmy HANSA-FLEX, [cit. 22. dubna 2010]
WWW: < http://cz.hansa-flex.com/solutions/kovove_hadice.html >.
- [12] Webové stránky firmy TOTAL, [cit. 22. dubna 2010]
WWW: < http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/6130.pdf >.
- [13] Webové stránky firmy Conductix-Wampfler. [cit. 26. dubna 2010]
WWW: < <http://www.conductix.cz/index.asp?id=161&plid=244&e1=214&e2=220&prid=702&vid=9&lang=X> >.
- [14] Katalog firmy Spraying Systems Czech, s.r.o.
- [15] Webové stránky firmy Festo. [cit. 7. května 2010]
WWW: < http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm >.
- [16] Webové stránky firmy Misumi. [cit. 6. května 2010]
WWW: < <http://www.misumi-ec.com/egrmcz/mech/> >.
- [17] Webové stránky firmy Baumuller. [cit. 12. května 2010]
WWW: < <http://www.baumuller.cz/index.htm> >.